JURAJ GOLUBIĆ

NAUKA O ZVIJEZDAMA

17719

JURAJ GOLUBIĆ

NAUKA O ZVIJEZDAMA

PUČKA ASTRONOMIJA

JERONIMSKA KNJIŽNICA
UREĐUJE DR JOSIP ANDRIĆ
HRVATSKO KNJIŽEVNO DRUŠTVO SV. JERONIMA
KNJIGA ŠEST STOTINA PEDESET OSMA

IZDANO MEĐU IZVANREDNIM GODIŠNJIM
JERONIMSKIM IZDANJIMA

Tiskanje i raspačavanje dopušteno odlukom Glavnog ravnateljstva za promičbu, odsjek za novinstvo br. 18.242. od 12. prosinca 1942.

TISKANO GODINE 1942.
TISAK NARODNE TISKARE U ZAGREBU

POSTANAK NAUKE O ZVIJEZDAMA

Neizmjerna su dobra, što ih primamo od Sunca. Ono je uzrok svakoga gibanja, zbivanja i rađanja na Zemlji. U prastaro doba, a otada je prošlo mnogo tisuća godina, ljudi su shvatili, koliko je važan taj izvor topline, a kako nisu mogli protumačiti, odakle mu ta snaga, obožavali su Sunce i štovali kao boga. To su bili oni davni ljudi, koji su živjeli u najužoj vezi s prirodom. Oni, koji su pravili sjekire od kamena, pa onda od mjedi, a koji još dugo nisu znali za željezo. Oni su ljubili život i obožavali onoga, koji ga uzdržava. Bila su to prava djeca prirode: često okrutna kao i njeni zakoni, ali iskrena i vedra. No u ljudskoj je prirodi, da voli tajne. A djelovanje Sunca nije dopuštalo tajni. Tamo, gdje su se razvile prve ljudske zajednice, tamo su zrake Sunca toliko jake, da upravo očigledno izvlače plodove Zemlje, koji rastu brže, bujnije i u mnogo više oblika, nego kod nas. Noćna svjetiljka, Mjesec, ne pokazuje tako jasno svoje djelovanje. Čini se hladan i miran, a njegov je put na nebeskom svodu mnogo čudniji od puta Sunca. I njegov je put posut stotinama zvijezda, koje ga prate, ali ne dostižu. I tako su prvi poganski svećenici, koji su tvrdili, da poznaju volju svojih bogova, počeli proučavati nebo. Sunce, Mjesec i svaka zvijezda za njih je bila po jedan bog. Obično je glavni bog bilo Sunce, ali koji puta je nekim poganima bio i Mjesec glavni bog zbog tajanstvenosti, koja ga obavija. Njima su se prinosile žrtve, ljudi su im se klanjali i molili, a strah je pred njima koji puta bio velik. A prema tome, u kakovu su međusobnom položaju ti likovi bili na nebu, pokazivali su sad dobre, a sad zle namjere prema ljudima. Iz tih su položaja poganski svećenici proricali budućnost naroda i pojedinaca, a to se proricanje razvilo u sustavno proučavanje neba. Proricanje po zvijezdama nazvano je a s t r o l o g i j a (to je grčka riječ), a tu je početak i nauke o zvijezdama, koja se po grčkim riječima zove a s t r o n o m i j a.

Odonda su prošli mnogi vjekovi. Naše je znanje o nebu napredovalo. Izpočetka sasvim polagano, uz mnoge zastoje, jer ljudi nisu imali za proučavanje neba nikakvih sprava za daleko gledanje nego samo vlastite oči. A te su slabe. Slabe su već za udaljenosti na Zemlji, a kada budemo čuli za nebeske udaljenosti, ne ćemo se čuditi, da nas je oko varalo, te da su naši daleki pređi znali o zvijezdama mnogo manje od nas. Istina, i u staro doba je bilo ljudi, koji su smjelo iznosili svoje misli o Suncu, Mjesecu, Zemlji i zvijezdama, ali takve ljude nije nitko priznavao. Dapače su bili i progonjeni. Tako su grčki učenjaci Anaksagora i Aristarh naučavali, da je Zemlja okrugla, da ne miruje u prostoru te da je Sunce užaren kamen. Ali to su bili podpuno osamljeni pojedinci.[1]

Priroda nije šutljiva. Ona nam priča sve, što o njoj želimo znati, no treba razumjeti njen govor. Ima stvari, koje još danas nisu odgonetnute, ali će možda jednom biti. U ovoj ćemo knjizi razgovarati sa zvijezdama. Razumjet ćemo poruke, koje nam zvijezde šalju. Vidjet ćemo, da nam govore s pomoću svijetla, što ga učenjaci hvataju u velikim dalekozorima i tamo rastavljaju u sastavne dijelove, u rečenice, kojima je opisana priroda.

SPRAVE ZA PROUČAVANJE NEBA

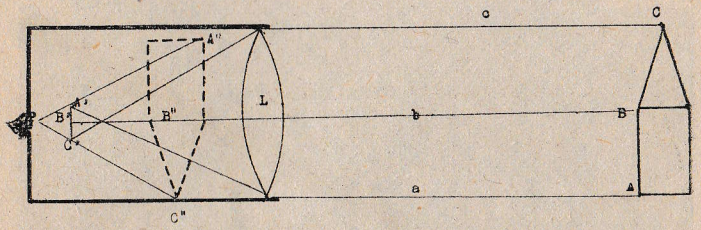
Već pred nekoliko tisuća godina izgradili su ljudi sprave, kojima doduše nisu mogli vidjeti na nebu ništa više no prostim okom, ali su mogli mjeriti položaje zvijezda onako, kako to nama sa Zemlje izgleda. Ono, što je za stolara dužina, ono, što je za trgovca težina, za mljekara obujam, to je za astronoma kut. Dugo su zvjezdoznanci mogli mjeriti jedino u kutnoj mjeri, a tek u novije doba je pronađeno nekoliko načina, da se iz takvih podataka dobiju dužine.

Koliko nam je moguće uz naše sprave, najprije želimo vidjeti neka nebeska tijela izbliza, ili — a to je isto —

[1] Astrologija starih naroda nema ništa zajedničko s današnjim astrološkim šarlatanima, kojima vjeruju samo posve neupućeni ljudi, kad slušaju njihova tobožnja proricanja po zvijezdama.

želimo malene točke, koje nam šalju svijetlo iz svemira, povećati, da vidimo, kako su zapravo sastavljene. A kako nam je svijetlo jedini glasnik iz svemira, moramo se s njim pobliže upoznati.

U svemiru postoje tijela, koja sama od sebe daju svijetlo, i takva, koja su tamna te ne daju svjetla, ali ga primaju od drugih tijela i odbijaju dalje u prostor tako, da su nam i ta svemirska tijela vidljiva. Takvo tamno tijelo je Mjesec: on ne daje svijetla, ali ga rasvjetljuje Sunce, pa zato i Mjesec vidimo.

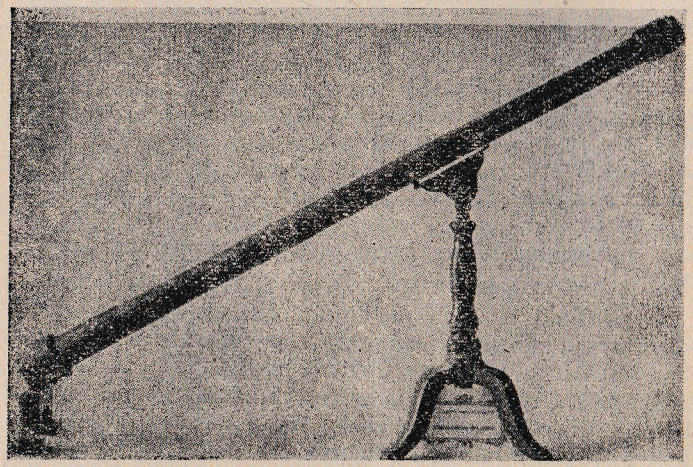


Sl. 1. NACRT DALEKOZORA S LEĆOM (REFRAKTORA)

U prošlom stoljeću mislili su fizičari (učenjaci, koji proučavaju zakone prirode), da se svijetlo širi u valovima, kao što su na primjer valovi na vodi. Noviji od tih učenjaka misle, da se svijetlo sastoji od samih nekih sićušnih čestica. Najnovija su iztraživanja pokazala, da svijetlo ima i svojstva valova i svojstva sićušnih čestica. Ali uza sve to je još uvijek teško točno odgovoriti na pitanje: što je svijetlo?

Tim se pitanjem ne ćemo potanje ni baviti. Za nas je dosta znati, da se svijetlo širi silnom brzinom od 300.000 kilometara u sekundi, pa da prema tome ispitamo, što se događa, kad na svom putu sastane neko tijelo. Iz iskustva znamo, da postoje tijela, koja propuštaju svijetlo jače (staklo, voda), a neka ga propuštaju slabije ili nikako (kamen, čelik). Ako pogledamo na koji način staklo propušta svijetlo, doći ćemo do onog prirodnog zakona, koji je prije 300 godina doveo do otkrića d a l e k o z o r a. Zamislimo naime zraku svijetla: ona je

potpuno ravna. Ali ako naiđe na staklenu ploču, promijeni smjer puta: fizičar, to jest učenjak, koji takve prirodne pojave proučava, kaže, da se zraka lomi. Koliko će se smjer puta promijeniti, zavisi o tome, kakav je oblik našeg stakla, a i o tome, kakva je vrst stakla. Na naš komad stakla ne će udariti jedna, već vrlo mnogo zrakâ. Svaka je od njih vrlo maleni dio slike predmeta, što ga gledamo. Sve zajedno daju cijelu sliku. Staklu, o koje će udariti zrake svijetla, možemo dati takav oblik, da se sve zrake nakon loma sastanu u jednoj točki iza



Sl. 2. STARI DALEKOZOR ZVJEZDOZNANCA GALILEJA iz godine 1610.

tog stakla. Takvo staklo se zove l e ć a, a točka, u kojoj se sastaju zrake, zove se žarište leće. (Isto možemo postići i zakrivljenim zrcalima). Tako u žarištu nastaje izvanredno malena slika promatranog predmeta. Sada moramo uzeti u pomoć još jednu leću, ali ta mora imati upravo obratno svojstvo od one prve: ona širi zrake svjetlosti i tako povećava sliku predmeta. To je p o v e ć a l o, a njime možemo povećati i onu malenu sliku, koju smo dobili iza žarišta, te nam tako predmet izgleda bliži i veći, nego kad ga promatramo prostim okom.

Recimo, da gledamo toranj, koji je od nas dosta udaljen. Pratit ćemo tri zrake na njihovu putu. Prva zraka (zovimo je »a«) pošla je iz podnožja tornja A, došla do leće L, slomila se, prošla žarištem S i dospjela do mjesta A'. Na sličan su način zrake b i c došle do

Sl. 3. VELIKI DALEKOZOR ZVJEZDARNICE NA BRDU WILSONU U KALIFORNIJI U AMERICI

mjesta B' i C'. Ali mi gledamo kroz povećalo P. Kroz naše oko prolazi zraka, koju to povećalo odklanja iz A' u A", a isto tako su dospjele zrake b i c na mjesta B" i C". I neizmjerno mnogo zraka, koje je taj toranj odbacio u naš dalekozor, doživjelo je istu sudbinu. Posljedica je, da toranj vidimo bliže i povećano. Istina, dobili

smo obrnutu sliku, pa zato u dalekozorima, koji su određeni, da se njima promatraju predmeti na Zemlji, postoji još jedna leća, kojoj je zadatak jedino taj, da sliku okrene opet u pravi položaj. Ni jedno staklo ne propušta sve zrake, već neke i zadržava. Koliko, to ovisi o kakvoći stakla. Time slika postaje tamnija, a kako je u astronomiji (nauci o zvijezdama), gdje su promatrana tijela obično okrugla, svejedno je, kako su okrenuta, te treće leće u astronomskim dalekozorima obično i nema.

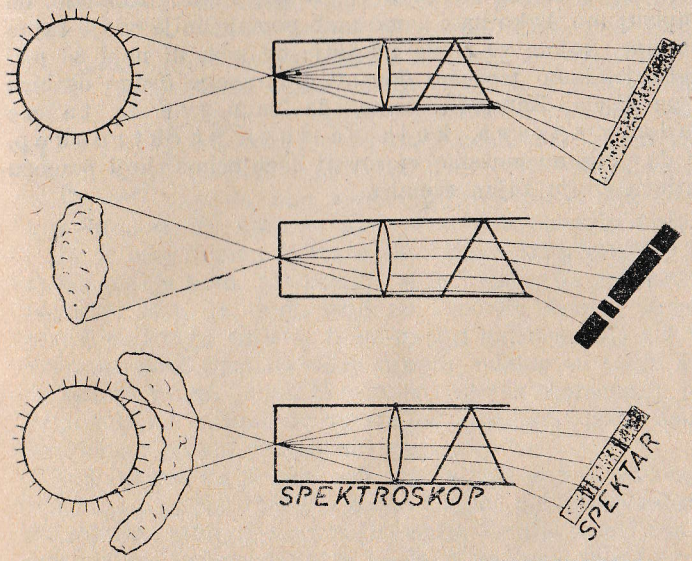
Ne zna se točno, tko je prvi izgradio takav dalekozor, ali sigurno je, da ga je talijanski astronom Galilej 7. siječnja 1610. prvi put upravio prema zvijezdama i ostavio napisano i nacrtano ono, što je vidio. Kasnije ćemo ga pratit po njegovu prvom putu svemirom: tada ćemo shvatit, koliko je značenje imao taj dan u povijesti astronomije.

Poslije su dalekozori postajali sve veći i veći dotle, dok prevelike leće nisu zbog svoje glomaznosti pokazivale više loših no dobrih strana, pa se na toj granici moralo ostati. Ali ako staklo zadržava previše svijetla, glatka ga, kovna površina to bolje odbija. Tako je veliki učenjak Newton (čitaj: Njutn) sagradio prvi dalekozor nove vrste. Zraka svjetlosti se odbija od zakrivljenog zrcala Z, ali prije no što je stigla u žarište, odbija se još jednom od ravnog zrcala R, a dalje je pomoću povećala povećavamo kao i prije.

Oni prvi dalekozori se zovu još r e f r a k t o r i, a ovi drugi (jer se osnivaju na načelu odbijanja svjetla) r e f l e k t o r i.

Opisat ćemo još jednu spravu, koja je u nauci o zvijezdama veoma važna, a to je s p e k t r o s k o p. Pomoću njega možemo doznati toliko tajni o građi zvijezda i drugih nebeskih tijela, da se njime moramo pobliže upoznati. Bijela je svjetlost sastavljena od nekoliko boja, a staklena prizma (trobrida staklena šipka) ima svojstvo, da je rastavi u njene sastavne dijelove. Ako pustimo, da svjetlost Sunca prođe kroz staklenu prizmu, iza koje postavimo čist papir ili kakvu drugu zavjesu, pojavit će se na njoj one iste boje koje smo toliko puta vidjeli kod duge. To je tako zvani Sunčev s p e k t a r (skup bojâ).

Pa i duga nije ništa drugo nego spektar Sunca: ulogu prizme je odigrala kapljica kiše. Ta je pojava navela učenjake, da prave i dalje pokuse, pa su došli do toga, da svako užareno počelo ima spektar, ali da su ti spektri među sobom veoma različiti. Mnoge tvari možemo dobiti u plinovitom stanju. Ako je taj plin užaren, dat će spektar, koji će se sastojati iz sasvim odijeljenih svijetlih



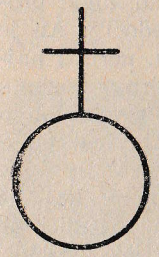
Sl. 4. IZPITIVANJE RAZNIH TVARI SPEKTROSKOPOM
G o r e: užarene tvari u tekućem stanju. — U s r e d i n i: užarene tvari u plinovitom stanju. — D o l j e: zrake užarene tekuće tvari prolaze kroz plin manje topline.

pravaca. Užarena kapljevina ili kruto tijelo daju također spektar, ali taj je neprekidan: jedna boja prelazi u drugu. Svijetle se crte u spektru plinova kod iste tvari uvijek nalaze na istom mjestu, a za svaku tvar su druge. Ako zrake, koje izlaze iz krutog ili tekućeg užarenog tijela, prolaze kroz plin iste ili niže temperature (topline), onda se spektar sastoji iz neprekidnog spektra i sasvim odjelitih tamnih linija (crta). Te linije se nalaze upravo na onim mjestima, gdje bi se nalazile svijetle linije, da onaj

plin sam daje spektar. Doista ako je plin pred tijelom, iz kojeg izlaze zrake, topliji od samog tijela, vidimo opet dva spektra, jedan preko drugoga, a prije spomenute linije su svijetle. Tako možemo na osnovu spektara zaključivati o stanju, u kojem se nalazi tijelo, što ga istražujemo: izmjerimo li mjesta, na kojima se nalaze spomenute linije, znat ćemo štošta kazati o kemijskom sastavu tog tijela. Ali to nije još sve. Predugo bi bilo, da opisujemo, kako nam samo mali pomak linijâ odaje tajnu brzine, kojom se tijelo udaljuje od nas, ili nam se približuje, kako možemo doznati još mnoge druge osobine tog tijela. Zapamtit ćemo, da nam sve te tajne odaje sprava, koja se zove spektroskop, i da potpuno možemo vjerovati učenjacima, koji pomoću njega čitaju tajne svemira.

NAŠA ZEMLJA

KAKVA JE ZEMLJA?



Prošetat ćemo se zagrebačkim ulicama do Griča, uspet ćemo se gore i iz drvoreda odanle pogledati prema jugu. Pod nama se pružio grad, iza njega Sava, zatim vidimo dosta veliku ravnicu, a ako je dan lijep, vidjet ćemo na obzoru i daleka brda. »Zemlja je ravna«, uskliknuo bi čovjek, koji prvi puta želi ustanoviti oblik Zemlje, a da nije nikada prije o tome išta čitao niti čuo, »a na njoj su kao neke grbe izrasla brda.«

To je prvi dojam. U staro su vrijeme ljudi zaista vjerovali, da je tako. No kasnije se pokazalo, da je Zemlja okrugla. Bilo je ljudi, koji su oplovili Zemlju držeći se uvijek istoga smjera, te su na taj način poslije nekog vremena došli opet do onog mjesta, odakle su pošli. Da je Zemlja ravna, mogli bi putovati vječna vremena, a da se nikada ne vratimo do mjesta, od kojeg smo pošli, osim ako bismo putem promijenili smjer.

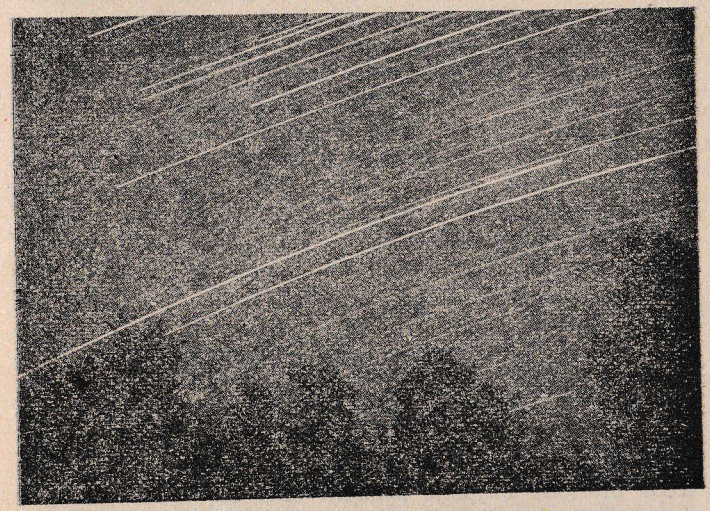
Sad znamo, da Zemlja nije ravna. Ali koji oblik onda ima? Da putujući stalno u istom smjeru ponovno dođemo do mjesta, s kojeg smo pošli, smije Zemlja imati različite oblike. Jedan od tih je kugla. I ne ćemo mnogo pogriješiti, ako kažemo, da Zemlja ima oblik kugle. U običnom životu ne nalazimo tijela, koja bi imala isti oblik kao Zemlja, ali ako zamislimo kuglu, koja je samo malo spljoštena, bit ćemo vrlo blizu obliku, koji ima Zemlja. Cesta, kojom hodamo, šuma, kojom šećemo, dijelovi su Zemljine površine. Isto tako brda i doline. Površine jezera, rijeka i mora također su dijelovi Zemljine površine. Tvrdog tla ima na Zemlji najmanje: površina Zemlje se sastoji iz jedne četvrtine kopna i tri četvrtine mora, rijeka i jezera. Zrak, što ga udišemo, jest plin, koji obavija cijelu Zemlju: taj plin kratko zovemo »atmosfera«. To je smjesa raznih plinova, od kojih ima najviše dušika (78%) i kisika (21%), promjenljiva

količina ugljične kiseline, a u malim količinama i mnogih drugih plinova, od kojih je najjače zastupan argon sa 1%. (Argon je kemijsko počelo, koje se u ovom slučaju pojavljuje u obliku plina).

Veličinu Zemlje, koju možemo zamisliti kao kuglu promjera 13.000 km, teško ćemo sebi moći predočiti. Ali je možemo nacrtati u jako umanjenom omjeru, ucrtati najviše gore i najveće dubine, a možda i neke druge poznate stvari, pa ćemo tako ipak dobiti bar neku predodžbu o Zemlji. Ako Zemlju predočimo kuglom, koja ima polumjer od 13 mm, onda visinu, u kojoj su još zapažene atmosferske pojave, moramo predočiti slojem, koji je samo 2 mm udaljen od naše kugle. Na takvoj slici ne možemo predočiti ni najviša brda, jer su još uvijek i suviše malena, a da bi ih mogli ucrtati. Nacrtajmo zato dio površine Zemljine, kao da je ravna, i neka nam crta 20 cm iznad prve označuje granicu atmosfere.[2] To znači, da smo 1000 km (jer se još i u tolikoj visini nad Zemljom opažaju izvjesne atmosferske pojave) predočili dužinom od 20 cm. No i najviše brdo na Zemlji ne doseže visinu od 9 km, pa ga moramo ucrtati jedva 2 mm nad površinom. Najveća morska dubina ne doseže 10 km, pa će na našoj slici prodrijeti odprilike toliko u dubinu, koliko smo nacrtali najviše brdo u visinu. Najviši oblaci se nalaze u visini od 11 km (u našim krajevima), pa možemo i njih ucrtati. Stratosferski balon »Explorer II« je dosegao visinu od 24.000 metara, a u veće visine se čovjek nije uspio dignuti. Ucrtali smo i tu visinu i vidjeli, da nas taj, zapravo lijep uspjeh, nije mnogo udaljio od površine Zemlje.

KRETANJE ZEMLJE

Tako smo eto upoznali oblik Zemlje, a u glavnim crtama i njenu veličinu. A sad ćemo se pitati: »Da li Zemlja miruje, ili se giblje?« Čitajući ovu knjigu vidjet ćemo, da Zemlja izvodi zamršeno gibanje, a nama će poći za rukom i to, da to gibanje razglobimo u niz jednostavnijih gibanja. Jedno od tih vidimo i sami svaki dan. To je okretanje Zemlje (latinski se kaže: rotacija Zemlje) oko svoje osi. Tko je noću promatrao nebo, mogao je opaziti, da zvijezde ne ostaju mirne, već se pomiču: jedne izlaze, a druge zalaze. Time smo zapazili neko gibanje, a da to gibanje raztumačimo, moguće je samo ovo dvoje: ili se zaista giblju zvijezde, a Zemlja



Sl. 5. SLIKA, KOJA DOKAZUJE OKRETANJE ZEMLJE

Ako u noći slikamo zvijezde tako, da, recimo, kroz pol sata postavimo fotografski (svjetlopisni) aparat uperen prema zvijezdama, načinit će se na slici ovakve svijetle pruge. Po tim prugama bi se činilo, da se zvijezde pomiču, ali tome nije tako, nego se zemlja okreće, a zvijezde ostaju na miru, i odatle su nastale te crte na slici.

ostaje na miru, ili su zvijezde na miru, a Zemlja se giblje. U staro doba se krivo mislilo, da je Zemlja na miru, a da se čitavi svemir okreće oko nje. Danas znamo, da je obratno: Zemlja se giblje. Pomnijim promatranjem možemo opaziti, da svaka zvijezda obiđe u izvjesno vrijeme na nebeskom svodu dio kružnice. To gibanje nije dakle po ravnoj niti po nepravilnoj crti, već je to vrtnja. Os te vrtnje možemo lako pronaći, ako potražimo zvijezdu, koja ostaje na miru. Ako gledamo prostim okom,

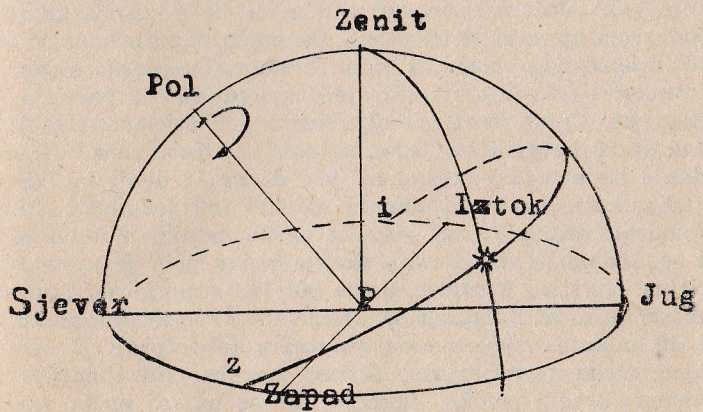
[2] Atmosfera nema čvrste granice. Ona postaje samo sve rjeđa, dok se zaista gotovo posve ne izgubi.

ne ćemo kod polarne zvijezde u Malom Medvjedu opaziti nikakvo gibanje. To je nebeski pol: njime polazi os rotacije (okretanja) Zemlje.

Dakle Zemlja se okreće. Ali na koju se stranu okreće Zemlja? Zvijezde izlaze na istočnom, a zalaze na zapadnom dijelu obzora. Ako se vozimo željeznicom i gledamo u smjeru vožnje, dolazit će nam pred oči sve noviji i noviji krajobrazi, a u protivnom se smjeru krajobrazi, koje smo već vidjeli, gube. Nove zvijezde se pojavljuju po noći na istoku, a gube se na zapadu. Dakle: ovo prvo gibanje, koje smo promatrali, slijedi od zapada prema istoku. Zemlja se okreće od zapada prema istoku, i to nepromijenjenom brzinom. Kad je tako Zemlja načinila jedan podpuni okret, kažemo, da je prošao jedan dan. To je naša prva mjera vremena. Pitanje je samo, od koje zvijezde ćemo računati dan i gdje se na nebeskom svodu mora ta zvijezda nalaziti, kad kažemo: dan je upravo počeo. U stara vremena su ljudi računali dane na razne načine. Kod Babilonaca je dan počeo izlazom, a trajao je do zalaza Sunca. Dijelio se u 12 danjih sati. Zatim su noć razdijelili u 12 noćnih sati. No to se nije moglo održati. Znamo, da je dan ljeti dulji, a zimi kraći, pa su uz tu podjelu danji i noćni sati bili nejednaki, a osim toga se njihovo trajanje kroz godinu stalno mijenjalo.

Da shvatimo podjelu vremena, kakva je danas u upotrebi, moramo najprije proučiti ono, što svaki dan gledamo. Obzor (horizont) je ona crta, gdje se nebo prividno dotiče Zemlje. Nalazimo li se na velikoj ravnici, obzor će nam izgledati kao velika kružnica, kojoj se nalazimo u središtu. Mi to gledamo sa strane, pa je na našoj slici (vidi sliku 6.) obzor prikazan crtom SZJI. Točka neba, koja nam je upravo nad glavom, zove se zenit (od arapskog naziva »okolina glave«). Slova na našoj slici znače strane svijeta S-sjever, Z-zapad, I-istok i J-jug. Tumačenje će nam biti lakše, ako od sada zamislimo, da je Zemlja na miru, a nebeski svod se sa svim zvijezdama okreće oko Zemlje. Zapravo tome nije tako, ali prividno se na stvari ne mijenja ništa, pa ćemo se samo za časak time poslužiti. A od nebeskih tijela ćemo promatrati Sunce. Sunce izlazi na istoku »i«, penje se

sve više nad obzor, dok ne postigne najveću visinu. U tom času se Sunce nalazi nama upravo prema jugu. Astronomi (učenjaci, koji proučavaju zvijezde) kažu: »Sunce se nalazi u gornjoj kulminaciji«. U tom času je upravo podne. Zatim se Sunce sve više spušta prema zapadu, da konačno na tom dijelu obzora nestane, zađe. Sada ga više ne vidimo, ali lako možemo zamisliti, da



Sl. 6. GLAVNI KRUGOVI NEBESKOG SVODA

Sunce nastavlja svoj put ispod mjesta zalaza »z«, dok ne postigne najnižu točku D, iza koje se opet diže prema točki izlaza »i«. Kad je Sunce u D kažemo, da je u donjoj kulminaciji, ili običnim govorom: kažemo, da je ponoć. Dan računamo od ponoći do ponoći, a dijelimo ga u 24 sata. A sada ne ćemo više ostati baš na jednom mjestu Zemlje, nego ćemo svoja promatranja protegnuti na cijelu Zemlju. No prije toga moramo još nešto naučiti. Crtu SJ na našoj slici zovemo meridijanom (podnevnicom). Zašto se ta crta zove podnevnica (meridijan), to nam je već jasno, jer smo vidjeli, da Sunce u podne moramo tražiti upravo u smjeru te crte. Astronomi kažu: »Sunce se u podne nalazi u meridijanu.« No do te iste će nas crte dovesti još jedno razmatranje.

Pokušat ćemo odrediti položaj Zagreba na Zemlji. U tu ćemo svrhu sebi zamisliti, da je Zemlja kugla, i na-

crtat ćemo na našem modelu Zemlje kružnicu, koja prolazi sjevernim polom, Zagrebom i južnim polom. To je tako zvani meridijan (podnevnik). Osim toga nacrtat ćemo još jednu kružnicu, koja je okomita na prvoj, a dijeli cijelu Zemlju na dva jednaka dijela. To je ekvator: on dijeli Zemlju na sjevernu i južnu polutku. Odmah vidimo, da se Zagreb nalazi na sjevernoj polutki, ili možemo kazati: »Zagreb se nalazi sjeverno od ekvatora (polutnika).« Još se moramo pitati: za koliko se Zagreb nalazi na sjeveru od ekvatora. Da na to odgovorimo, položit ćemo Zagrebom još jednu kružnicu, uzporedo s polutnikom (ekvatorom). To je usporednica ili paralela Zagreba. Cijelu kružnicu dijelimo u 360 dijelova. Svaki takav dio zovemo 1° (jedan stupanj). Ali da naše određenje bude točnije, uzimamo još, da se 1° dijeli na 60' (60 minuta), a svaka minuta na 60'' (60 sekunda). Te minute i sekunde nisu jednake našim satnim minutama i sekundama. Od ekvatora do sjevernog pola je upravo jedna četvrtina kružnice, dakle 90° (90 stupnjeva). Sada možemo kazati: Zagreb se nalazi 45° 49' (45 stupnjeva i 49 minuta) sjeverno od polutnika (ekvatora). To je geografska (zemljopisna) širina Zagreba. Ali time još nismo odredili položaj Zagreba, jer se na taj način još uvijek može nalaziti na cijeloj paraleli 45° 49'. Kod zemljopisne širine nam je bilo lako: imali smo početnu usporednicu (paralelu), to jest polutnik (ekvator). Odredila nam ga je sama priroda. Ali kad se pitamo za mjesto na nekoj usporednici (paraleli), moramo se poslužiti dogovorom. Pokušat ćemo uzeti jedan početni meridijan (podnevnik), po kojem ćemo zatim odrediti sve druge. Danas cijeli svijet priznaje kao početni meridijan (podnevnik) onaj, koji prolazi kroz mjesto Greenwich (Grinič) u Engleskoj. To je mjesto nedaleko Londona, gdje se nalazi jedna velika zvjezdarnica. Meridijani (podnevnici) Greenwicha i Zagreba zatvaraju jedan s drugim kut od 16° 1' (16 stupnjeva i 1 minutu), pa kažemo, da Zagreb ima zemljopisnu duljinu 15° 59' (15 stupnjeva i 59 minuta) istočno od Greenwicha. Osim toga se u cijelom svijetu za strane svijeta upotrebljavaju ove oznake: sjever - N, istok - E, jug - S, zapad - W. Sada možemo točno navesti položaj Zagreba:

ZAGREB

šir.: 45° 49' N.
duž.: 15° 59' E od Gr.

Iz naše se slike jasno vidi, da prema svemu, što smo dosada kazali, svako mjesto na Zemlji ima podne u drugo vrijeme. U isto doba sa Zagrebom imat će podne samo ona mjesta, koja se nalaze na zagrebačkom meridijanu (podnevniku). Od ostalih mjesta imat će ona, koja su istočno od Zagreba, podne prije, a ona, koja su zapadno, poslije. To vrijeme, koje smo sada opisali, pravo je Sunčevo vrijeme, jer je podne onda, kad je Sunce zaista na najvišem mjestu iznad nas. Zbog sve većeg napredka u tehnici i prometnim vezama nije se moglo trpjeti, da svako mjesto ima svoje vrijeme. Zato se gledalo, kako bi se uvelo za sva mjesta na nekom dijelu Zemlje isto vrijeme. Tako je sada Zemlja podijeljena u 24 područja, gdje svako područje obuhvata 15° (15 stupnjeva) zemljopisne duljine, a cijelom tom području pripada isto vrijeme. To je tako zvano zonalno vrijeme. Ali prije, no što kažemo o tom vremenu nešto više, moramo razmotriti drugo gibanje Zemlje, a to je put Zemlje o k o S u n c a.

U novije doba je Kopernik bio prvi, koji je tvrdio, da Zemlja putuje oko Sunca, a ne Sunce oko Zemlje. Astronom Kepler je dopunio njegovu tvrdnju onim, što danas općeno zovemo prvim Keplerovim zakonom, koji glasi:

Putevi zvijezdâ su elipse. U jednom od žarišta takve elipse se nalazi Sunce.

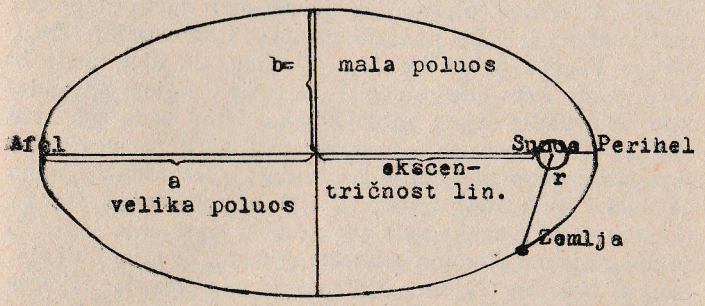
Tako smo naišli na dva pojma, koja možda nisu svakome poznata. Prvo elipsa. To je krivulja, koja izgleda kao spljoštena kružnica (vidi sliku 8.). Možemo je nacrtat po ovom naputku: u dasku zabijemo dva čavlića, a zatim uzmemo komad konca ili tanko uže (koje je svakako dulje od razmaka obih čavlića) i napnemo nit olovkom. Pomičemo li sada olovku tako, da nit ostaje stalno napeta, dobit ćemo nakon jednog podpunog okreta sliku elipse. Točke, u kojima su bili pričvršćeni čavlići, zovemo žarištima elipse.

Zemlja na putu oko Sunca opisuje takvu elipsu. Spljoštenost te elipse je veoma mala. Sama elipsa je vrlo velika.

Jedna njezina poluos iznosi 150 milijuna kilometara. Kad je Zemlja tako obišla jednom oko Sunca, kažemo, da je prošla jedna godina. Zemlja se vrti oko svoje osi podpuno jednoliko, stalnom brzinom. No računi su pokazali, da brzina, kojom Zemlja obilazi Sunce, nije stalna. Ona je zimi veća nego ljeti. Mjerimo li prividni promjer Sunca, možemo lako izmjeriti, da je taj zimi veći nego ljeti. To znači, da se po zimi nalazimo bliže Suncu, nego u ljetno doba. Na prvi nam se pogled to čini čudno, gotovo nemoguće, jer svi znamo, da Sunce daje toplinu, a to se nikako ne slaže s toplinom na Zemlji ljeti i zimi. No i to je lagano protumačiti. Os Zemljine vrtnje nije okomita na njen put oko Sunca. Zato Sunce u razno doba godine stoji na kulminaciji (najvišoj točki) u raznim visinama. A što je visina, u kojoj se Sunce uspelo na najvišu dnevnu točku, veća, to je dan dulji, pa je Sunce više vremena nad obzorom. Danju Zemlja prima toplinu od Sunca, ali u noći ona neki dio te topline gubi, pa kažemo: Zemlja žari primljenu toplinu u svemir. U ljetno doba je dan dug, a noć kratka. Prema tome Zemlja primi mnogo topline, a žari malo. Tako je lako protumačiti, zašto je ljeto toplo godišnje doba. Po zimi je upravo obratno: Zemlja prima mnogo manje topline no ljeti, a za dugih zimskih noći izdaje mnogo više topline. Osim toga moramo računati i s atmosferom. Ta smjesa plinova ne dopušta, da svaka zraka Sunca, koja je bila upravljena prema Zemlji, zaista i dođe do Zemlje. Ona nešto zaustavlja, a nešto raspršuje mnoge zrake topline. Po ljetu, kad je Sunce visoko nad obzorom, njegove zrake moraju prevaliti manji put kroz atmosferu nego po zimi, kad je taj put duži. Sada se dakle više nimalo ne čudimo, da smo u zimsko doba bliže Suncu nego po ljetu. A upravo ta veća blizina Sunca je, kako nam to računi odaju, uzrok bržem gibanju Zemlje.

Zemlja se vrti oko svoje osi, a uz to putuje oko Sunca. Kad je Zemlja jednom obašla Sunce, ona se je u istom vremenu okrenula 365 puta i još nešto. Jednostavnije kažemo, da godina ima 365.2422 dana, t. j. nešto preko 365 dana. Kad bi svaku godinu računali sa 365 dana, onda bi u našem računanju vremena svake godine gubili nešto manje od 6 sati. To bi se

kroz više godina nakupilo i naš bi račun vremena toliko zaostao, da bi Božić iza nekog vremena pao u ljetno doba. Da se takvim neprilikama predusretne, brojimo u svakoj četvrtoj godini 366 dana (to je onda tako zvana prijestupna godina) i tako nadoknađujemo zaostatak. No ni to još nije točno, pa svaka stota godina nije prijestupna godina.



SI. 7. PUTANJA ZEMLJE

Zbog toga, jer je putanja Zemlje elipsa, a brzina Zemlje po toj elipsi na raznim dijelovima puta razna, pravi Sunčevi dani nisu među sobom jednaki. Zato su učenjaci uzeli neku srednju vrijednost dana tako, da budu svi dani jedan s drugim jednaki. To je srednji dan, a vrijeme, koje po njemu računamo, srednje je Sunčevo vrijeme. Osim toga je u nauci o zvijezdama uobičajeno, da se računa po zvjezdanom vremenu. Jedan zvjezdani dan je vrijeme, koje prođe između dvije uzastopne kulminacije izvjestne zvijezde, to jest od časa, kad se ta zvijezda uspela na najvišu točku, pa do časa, kad se opet vrati na to isto mjesto.

ZEMLJINA TEŽA

Kazali smo, da Zemlja putuje oko Sunca. No odmah se moramo pitati: što veže Zemlju uz Sunce? Zašto Zemlja putujući u jednom smjeru ne produži taj svoj put u svemir bez obzira na to, postoji li u njenoj blizini Sunce ili ne postoji?

U trgovini određujemo količinu neke stvari uglavnom na dva načina: ili mjerimo njen obujam ili težinu. Kod

tekućina obično mjerimo obujam. No svakome je poznato, da je litra meda teža od litre vode. Možemo pitati: odkuda ta razlika u težini i šta je zapravo težina nekog tijela? Kod obične vage uteg izvodi tlak na jednu zdjelicu, a teret na drugu. Tako nam je omogućena poredba tereta s utegom. Da nema zdjelice, uteg bi pao na zemlju, i tako se to pitanje svodi na ovo: zašto uteg, ako ga izpustimo iz ruke, pada na zemlju? Odgovor je: »Zato, jer ga Zemlja privlači.« Ako pustimo, da uteg pada iz veće visine, lako ćemo opaziti, da brzina, kojom on pada, nije na svakom dijelu puta jednaka. Uteg pada sve brže i brže. U svakom, pa i najmanjem djeliću vremena, dobiva uteg neko povećanje na brzini: ubrzanje. Svejedno je, ima li naš uteg 1 dkg ili 100 kg: ubrzanje, što ga dobiva, recimo svake sekunde, u oba je slučaja isto. To je ubrzanje uzrokovano privlačnom silom Zemlje. Zvjezdoznanac Newton (Njutn) postavio je ovo pitanje: Djeluje li ta privlačna sila samo u malim granicama oko Zemlje ili djeluje još daleko u svemir? Pristao je uz ono drugo, a opažanja i računi su to potvrdili. Mjesec se giblje oko Zemlje, jer ga privlači ista sila, zbog koje pada kamen, kad ga ispustimo iz ruke. Samu silu, o kojoj smo dosada govorili, zovemo t e ž a i l i g r a v i t a c i j a. Podijelimo li težinu nekog tijela s ubrzanjem teže na površini Zemlje, dobit ćemo njegovu masu. Newton je dao zakon, na kome se kasnije izgradila čitava mehanika neba, koja je do danas dala sjajnih uspjeha. Taj zakon glasi:

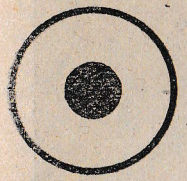
Sila, kojom se dva tijela međusobno privlače, upravno je razmjerna s umnoškom njihovih masa, a obrnuto s kvadratom[3] njihove udaljenosti.

Gdjegod postoji neko tijelo, njegova masa privlači druga tjelesa. Ta sila teoretski djeluje i u najvećim udaljenostima, ali praktički su nebeska tijela tako daleko jedna od drugih, da na svakom opažamo djelovanje samo njemu najbližih tijela. Tako u Sunčevu sustavu možemo zapaziti djelovanja međusobne privlačnosti planetâ tog sustava, ali djelovanje i najbliže zvijezde stajačice na zvijezde našeg sustava nikako ne opažamo.

[3] Kvadrat nekog broja je taj broj, pomnožen sam sa sobom. Tako kvadrat od 2 jest 4, pa se to računski piše ovako: 2^2 ili $2 \times 2 = 4$.

B L I S K I S V E M I R

SUNCE



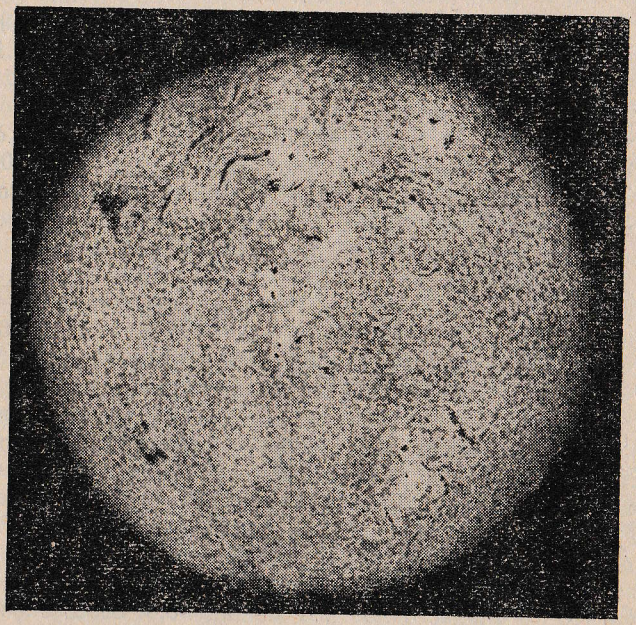
Sunce je udaljeno od Zemlje za 149½ milijuna kilometara. Promjer Sunca iznosi 1 milijun 390 tisuća km, tj. 109 puta je veći od promjera Zemlje.

Površina Sunca iznosi 6 bilijuna četvornih kilometara, to jest za 12.000 puta je veća od površine Zemlje. Obujam Sunca iznosi 1½ trilijuna kubičnih kilometara, to jest veći je za 1.300.000 puta od zapremnine Zemlje.

Masa Sunca iznosi 333.000 mase Zemlje. Gustoća je Sunca 1,4. Ubrzanje prostog pada je 28 puta veće no na Zemlji. Toplina (temperatura) na površini iznosi 6.000 stupnjeva, a u središtu oko 50 milijuna stupnjeva.

»Čist kao Sunce« stara je narodna poslovica, ali ne odgovara istini. Kad gledamo Sunce golim okom, njegov sjaj je tolik, da ga naše oči ne podnose. Stoga ne možemo vidjeti, kakva mu je zapravo površina. Ali zvjezdoznanci imaju na svojim dalekozorima posebne naprave, koje ublažuju taj sjaj, pa ih gledanje Sunca nikako ne umara, niti im kvari oči. I prvo, što će opaziti svatko, tko gleda na taj način Sunce, jesu mrlje, pjege. Šta su zapravo te pjege, danas još ne znamo. Sastoje se iz tamne jezgre, koja je opkoljena crvenkasto-smeđom polusjenom. Pjege nam izgledaju tamne samo zbog toga, jer je njihova okolina mnogo svjetlija. Vrlo su promjenljive. Pjega srednje veličine postoji na Suncu nekoliko dana ili tjedana, a velike pjege se mogu održati i nekoliko mjeseci. One ne ostaju ni na istom mjestu Sunca, već se pomalo pomiču. Na njima se vrlo dobro vidi, da se i Sunce okreće oko svoje osi. Da se jednom okrene, treba 25 dana. Najveće pjege dosežu u promjeru i 300.000 kilometara. One, koje dosežu 40.000 km promjera, možemo vidjeti i prostim okom, ako samo pred okom držimo počađeno staklo, da nas ne smeta sjaj Sunca. Površina Sunca, na kojoj opažamo promjene pjega i druge pro-

mjene, koje ćemo još opisati, zove se fotosfera. Neki misle, da su pjege jednostavne rupe u fotosferi. Ima za to i jedan dokaz. Kad se pjega nalazi na rubu Sunčeve ploče, izgleda dugoljasta, a kad se zbog vrtnje Sunca nalazi u sredini vidljive ploče Sunca, ima okrugli

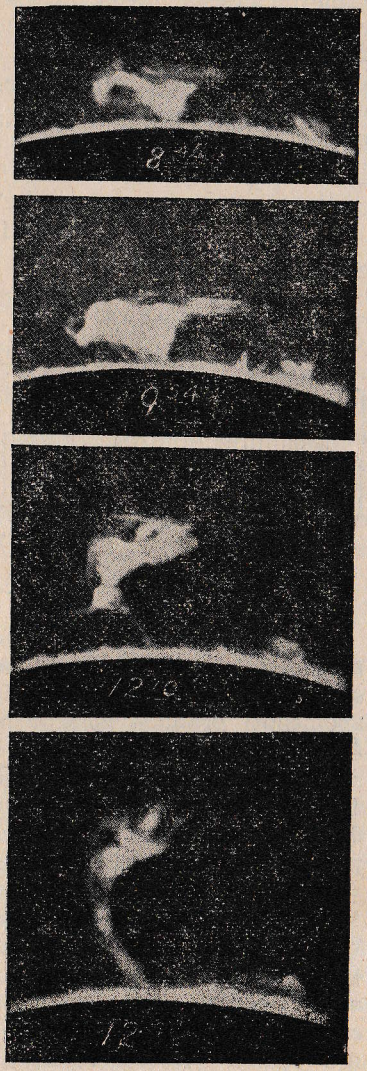


Sl. 8. SUNCE

Ovako nam prikazuje sunce svjetlopisna (fotografska) snimka, koja je snimljena uz pomoć spektroskopa. Prostim se okom sunce drugčije vidi, jer premnoge sunčane zrake ne djeluju na naše oko. Crne mrlje na ovoj slici Sunca jesu sunčane pjege, a ono, što nam se čini kao hrapava površina Sunca, jest granulacija. (Ova svjetlopisna slika snimljena je u zvjezdarnici na brdu Wilson u Americi.)

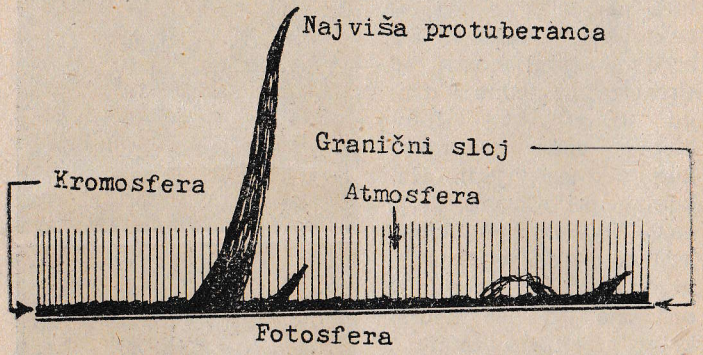
oblik. Po tom bismo mogli suditi, da je pjega udubina u fotosferi, ali sve pjege ne pokazuju tu pojavu. Pjege dolaze pojedinačno, ali i u skupinama. Koji put ih ima vrlo mnogo, a koji put malo. No tu postoji izvjesna pravilnost. Kad ih je najveći broj, onda će, koliko su dosada

potvrdila opažanja, ponovni najveći broj pjega biti opet za 11 godina. Isto tako postoji pravilnost obzirom na položaj, na kome se pojavljuju. U blizini Sunčeva ekvatora nema ih skoro nikako, a isto tako ni iza izvjesne udaljenosti od ekvatora na jednu i drugu stranu. Ime »fotosfera« znači zapravo: kugla, koja svijetli. Kako smo prije kazali, to je onaj dio Sunca, na kome izravno opažamo promjene. Uz jače povećanje opažamo, da se neprekidno mijenjaju tamnija i svjetlija mjesta. Kao da je samo malo tamnija površina sva prekrita svijetlim krpicama. To su tako zvane granule. Sam pojav je nazvan granulacija. Zapravo su to tijela od 700 do 2000 km promjera, koja se giblju fotosferom brzinom do 40 km u sekundi, neprestano se stvaraju, neprestano nestaju, lome se, tope. Od postanka jedne takve granule pa do njenog nestajanja prođe tek nekoliko minuta. Blijedu sliku toga nam može pružiti salo, koje topimo. Osim



Sl. 9. RAZVOZ JEDNE SUNČEVE PROTUBERANCE

tamnijih mjesta, pjega, zapažena su na Suncu i svjetlija mjesta: baklje. Osobito se dobro vide u blizini pjega. Raspršene su podjednako po cijelome Suncu. Često se na Suncu vide i svijetle, crvenkaste mase, koje se dižu daleko iznad fotosfere: to su protuberance. U svemu nam Sunčeva ploča izgleda prema rubu tamnija tako, da ostavlja plastičan utisak.



SI. 10. NACRT SUNČEVE POVRŠINE

Fotosferu obavija tanak granični sloj, koji ju dijeli od kromosfere. Najbolje je, da površinu Sunca promatramo sloj po sloj. Najdonja je tada fotosfera, nad njom već spomenuti granični sloj, a nad ovim kromosfera. Granični sloj ima debljinu od 500 km. Kromosfera je sastavljena od vodika i kalcija, a debljina tog sloja je 10.000 km. Protuberance su goleme mase užarenog vodika, koje provale velikom snagom daleko iznad Sunčeve površine. Visina protuberance, koju prikazuje naša slika (vidi sliku 9.), jest 225.000 km. Takva provala (erupcija) traje dane, a koji put i čitave tjedne. Vodikove protuberance se pojavljuju po čitavoj površini Sunca, ali najlakše ih je motriti, kad su na rubu Sunčeve ploče. Prema samoj površini Sunca slabo mijenjaju mjesto: promjene na njima nisu nagle. Sasvim su drugačije protuberance, u kojima su utvrđene metalne (kovne) pare. Njihov život je kratak. Traju samo po nekoliko minuta, a rijetko i nekoliko sati. Promjene se na njima zbivaju brzo, dolaze

samo uz pjege. Niz sličica, koje su ovdje otisnute, prikazuje razvitak jedne takove protuberance od 18. lipnja 1929. prema fotografijama zvjezdarnice Mont Wilson u Americi. Tamna zakrivljena podloga je Sunce, a brojevi na njoj označuju sat i minutu fotografiranja. Najviše protuberance dosežu visinu od 600.000 km nad površinom Sunca. Sloj iznad kromosfere jest Sunčeva atmosfera, u kojoj i opet prevladavaju užarene pare kalcija i vodika, a doseže visinu od 170.000 km nad površinom Sunca.

Kod podpune pomrčine Sunca može se vidjeti, da se građa Sunca proteže još mnogo dalje u svemir, no što to obično vidimo. Radi se o vrlo rijetkoj tvari, koja je dokazana još čak u udaljenosti od 10 milijuna km od Sunca. To je tako zvana korona. Pojave u koroni još nisu podpuno razjašnjene.

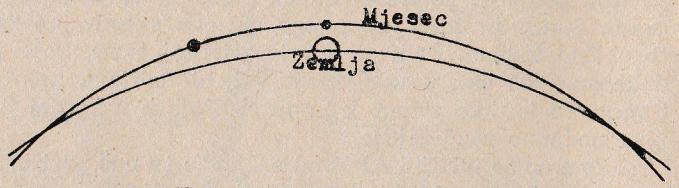
Tako smo se udaljili od Zemlje. Bio je to naš prvi izlet u svemir. Izlet u bliski svemir, ali zemaljske mjere su već prestale vrijediti. Zato su zvjezdoznanci uveli veću mjeru: 1 nebeski metar. Taj nebeski metar ima 149½ milijuna km, to jest upravo toliko, koliko iznosi srednja udaljenost Zemlje od Sunca.

MJESEC

Već prvi pogled prostim okom odaje nam na Mjesecu svjetlija i tamnija mjesta. U dalekozoru vidimo, da su to povišena mjesta i doline, vidimo brda, koja su slična našima na Zemlji, a osim toga neke na oko čudne tvorevine, brda u obliku prstena. Baš ta tamnija mjesta mjesečeve površine i kružna brda su u početku proučavanja Mjesečeve površine navela zvjezdoznance na krive zaključke. Otuda tamnijim mjestima imena mora, a kružnim brdima krateri. U početku se zaista držalo, da su tamna mjesta Mjesečeve površine mora kao i naša na Zemlji, pa su im davali najrazličitija imena, kao More Kiša, More Mira itd. Kasnije su ljudi uvidjeli zabunu, ali imena su ostala. Ako danas negdje čujemo govoriti o tom i tom moru na

Mjesecu znamo, da ne valja pri tome pomišljati na velike količine vode, već na manje više ravna tamnija mjesta, jer vode na Mjesecu nikako nema.

Mjesec nema ni atmosfere. Ne obavija ga nikakav sloj plina, kako se to lagano može provjeriti prilikom pomrčine Sunca. Mjesec se tada nalazi između Sunca i Zemlje, pa u izvjesnom trenutku djelomice pokriva Sunce. Kad bi Mjesec imao atmosferu, vidjeli bismo ovo: sjajni, još nepokriveni dio Sunca, posve tamni Mjesec, a između toga nejasnu granicu — atmosferu Mjeseca. Uistinu je



Sl. 11. DIO PUTANJE MJESECA

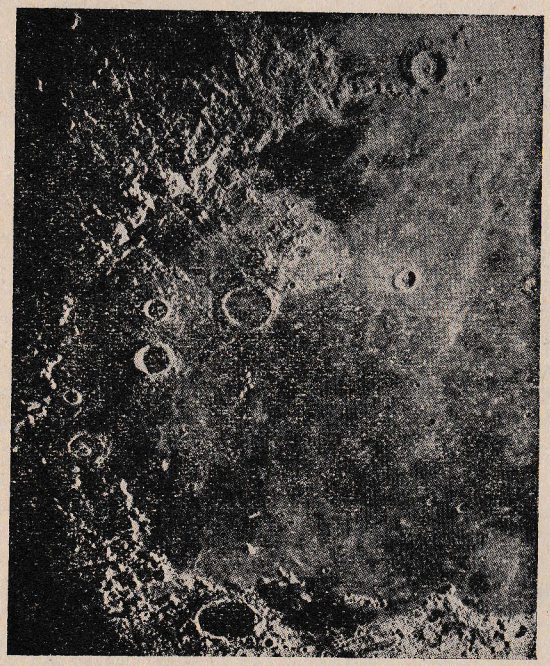
kod pomrčine Sunca rub Mjeseca oštar, pa to znači, da Mjesec nema atmosfere.

Mjesec je dakle bez zraka i vode, hladan, pa nije pogodan, da na njemu postoji bilo kakav život. On je naš najbliži susjed na nebu (jer Mjesec je udaljen od Zemlje samo za 60 zemljinih polumjera), a ne hrani nikakvih stanovnika. Na njemu vlada vječna tišina. Prema Zemlji je malen: masa Zemlje je 81 puta veća od mase Mjeseca, a to znači, da bi od Zemljine kugle mogli načiniti 81 kuglu, od kojih bi svaka bila tolika, koliki je Mjesec.

Mjesec je hladan, a ipak svijetli. No svjetlost,, što nam je Mjesec šalje, nije od njega, već od Sunca. Sunce osvjetljuje Mjesečevu površinu i tako ga vidimo.

Put Mjeseca kroz svemir je veoma zamršen. On je Zemljin pratilac (zvjezdoznanci kažu, da je trabant ili satelit), to jest putuje oko Zemlje na isti način, kao što i Zemlja putuje oko Sunca. Ali i Sunce djeluje na nj svojom privlačnom silom tako, da njegov put oko Zemlje nije elipsa, već veoma zamršena krivulja. On zapravo pod utjecajem Sunca i Zemlje opisuje na nebu valovitu crtu oko Zemljine putanje. (Vidi sliku 11.). Upravo stoga, što Mjesec prima svoje svijetlo od Sunca, i stoga što se

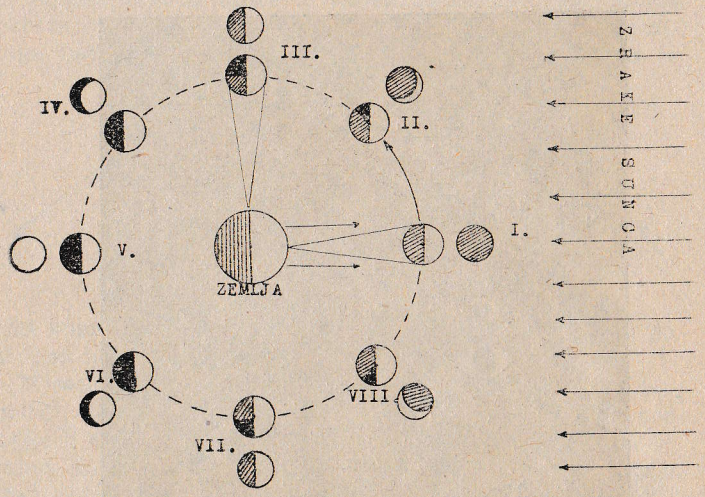
sad nalazi između Zemlje i Sunca, a sad opet Zemlja između Mjeseca i Sunca, Mjesec nam pokazuje mijene (faze). Da lakše raztumačimo Mjesečeve mijene, zamislit ćemo, da su Sunce i Zemlja na miru, a Mjesec da kruži oko Zemlje. Izcrtkana kružnica nam označuje put Mjeseca oko Zemlje, a male pločice Mjesec u raznim položajima prema Zemlji i Suncu. Pločice izvan ovih daju



Sl. 12. DIO POVRŠINE MJESECA

nam sliku, kako u tom položaju zaista vidimo Mjesec sa Zemlje. U položaju I. je pola pločice svijetlo, a pola osjenjeno. Sunčeve zrake udaraju samo na svijetli dio pločice, a kako je taj okrenut na protivnu stranu od Zemlje, u tom položaju Mjesec ne vidimo: to je mlad mjesec ili mlađak. No čim se pojavi srp, vidimo po koji puta sasvim slabo i nejasno svjetlo na čitavom ostalom dijelu Mjeseca.

To je svijetlo sivkaste boje, a nastalo je tako, da su se zrake Sunca odbile od Zemlje i osvijetlile Mjesec. To je »pepeljasto svijetlo« na Mjesecu. Zato i nismo tu polovicu Mjesečeve površine podpuno osjenili, već slabije, jer zrake svjetla ipak imaju mogućnosti, da makar i posredno dođu do tog dijela površine. Tako smo crtali i u svim ostalim položajima, a tamo gdje je površina ucrtana



Sl. 13. MJESEČEVE MIJENE

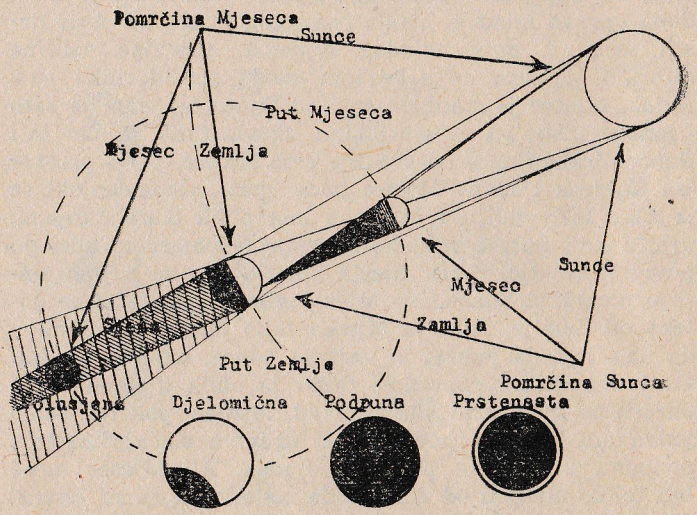
podpuno tamna, nemaju zrake Sunca nikakve mogućnosti, do donle dopru. U položaju II. je opet osjenjena polovica površine, a polovica je osvijetljena. Ali mi sa Zemlje nemamo mogućnosti, da vidimo cijeli dio osvjetljene površine. Izvjestan dio vidimo taman. U položaju III. vidimo upravo polovicu osvijetljenog Mjeseca. Kažemo, da je Mjesec u prvoj četvrti. Položaj IV. jest prelazan k daljnjoj mijeni V., kad vidimo cijelu osvijetljenu površinu Mjeseca, to jest, kad je Mjesec »pun«. Narod tada kaže, da je uštap. Zatim se vidljiva površina Mjeseca opet smanjuje, u položaju VII. je posljednja četvrt, pa da malo zatim opet dođe u položaj mlađa.

Na isti način tumačimo i p o m r č i n e. Kad se Mjesec nalazi između Sunca i Zemlje, može nastati pomrčina Sunca. To ne će biti uvijek, već samo onda, kad zamišljena crta od Sunca do Mjeseca pogađa Zemlju. Put je Mjeseca oko Zemlje nagnut prema putu Zemlje oko Sunca, pa stoga Mjesec obično prođe nešto iznad ili nešto izpod položaja, u kojem može doći do pomrčine. Prema slici, na kojoj smo tumačili mijene, vidimo, da je u to doba upravo mlađak. Dakle pomrčina Sunca se može desiti samo u doba mladog mjeseca. Prividne veličine Sunca i Mjeseca na nebeskom svodu su odprilike iste. Istina, Mjesec je mnogo manji od Sunca, ali nam je zato i mnogo bliže, pa nam prividno izgleda tolik, koliko je i Sunce. Zrake Sunca ne prodiru kroz Mjesec, pa je prostor iza Mjeseca taman: Mjesec baca sjenu. Geometrijski se iz slike lako vidi, da ta sjena ima oblik čunja, kojemu vrh, a koji puta i veći dio za vrijeme pomrčine klizi po površini Zemlje. S tih mjesta Zemlje vidi se u tom slučaju pomrčina Sunca. No Mjesec nije uvijek jednako daleko od Zemlje. Ako je Mjesec tako daleko od Zemlje, da nam izgleda jednak ili veći od Sunca, onda mogu nastati dva oblika pomrčine. Češći je oblik djelomične ili parcijalne pomrčine Sunca, kad Mjesec pokrije samo jedan dio Sunčeve površine. U drugom slučaju nastaje podpuna ili totalna pomrčina Sunca. Ali Mjesec može biti toliko udaljen od Zemlje, da izgleda manji od Sunca. Ako baš u tom slučaju nastane podpuna pomrčina Sunca, ne će ipak Mjesec moći prekriti čitavu površinu Sunca, već će rub ostati svijetao. Sunce ćemo vidjeti ispod tamnog Mjeseca kao sjajan prsten. Otuda tom obliku pomrčine ime »prstenasta pomrčina Sunca«. Pomrčina se Sunca može vidjeti samo iz onih krajeva Zemlje, preko kojih klizi sjena Mjeseca.

Nađe li se Zemlja između Sunca i Mjeseca, može nastati pomrčina Mjeseca. U tom položaju je uštap. Ali i Zemlja baca sjenu upravo tako, kako smo to vidjeli prije kod Mjeseca. Uđe li Mjesec u Zemljinu sjenu, nastaje pomrčina, koja traje sve do Mjesečeva izlaza iz sjene. U optici se uči (vidi u knjizi »Pučka fizika« od Franje Krleže!), da svako tijelo baca sjenu i polusjenu. U sjeni Mjesec izgleda tamno-crven, a prije toga pokazuje lijepe

promjene boja. I pomrčina Mjeseca može biti djelomična ili podpuna, već prema tome, da li Mjesec zađe u Zemljinu sjenu podpuno ili samo jednim svojim dijelom.

Kazali smo, da je put Mjeseca upravo stoga zamršen, jer na nj djeluju i Sunce i Zemlja podjednako. Zapravo je djelovanje Sunca (iako je mnogo dalje od Zemlje)



Sl. 14. KAKO NASTAJE POMRČINA

jače od djelovanja Zemlje. Ali ne privlači samo Zemlja Mjesec, već i Mjesec privlači Zemlju. Svaki djelić Zemlje privlači silom, koja je točno određena Newtonovim (Njutnovim) zakonom. Stoga bi se svaki djelić Zemlje htio približiti Mjesecu. Kora Zemlje je kruta, pa stoga ne opažamo. Ali čestice mora nisu međusobno tako jako povezane, pa se zaista uzdižu i spuštaju. Zamislimo, da se nalazimo na moru, i da Mjesec stoji upravo prema jugu (u kulminaciji). Gledamo li prema Mjesecu, to je voda pred nama bliža Mjesecu, nego ona daleko po strani. Mjesec će dakle vodu pred nama jače privlačit i tako će nastati val, val plime. No obujam se mora zato ne može promijeniti, pa budući da je na jednom mjestu voda porasla, na drugom mora pasti. To se zbiva po strani od

nas, a stoga nastaje na protivnoj strani Zemlje još jedan manji val tako, da je val plime dvostruk. Kažemo, da je na mjestima, gdje se je voda spustila, osjeka. Tako bi tokom jednog dana val plime upravo dva puta obašao Zemlju. Ali i Sunce prouzrokuje plimu tako, da se val Mjesečeve plime sastavlja s valom Sunčeve. Osim toga znatno utječe oblik obale, a postoje i druge smetnje tako, da je pitanje plime i osjeke veoma zamršeno.

Spomenuli smo već kružna brda na Mjesecu: to su tako zvani k r a t e r i. Naziv »krater« potječe otuda, što su ih u početku uspoređivali s vulkanima na Zemlji, a mislili su, da su ta brda tako i nastala. Međutim samo malo pažljivije gledanje mora pokazati, da su vulkani na

Sl. 15. PLIMA I OSJEKA

Zemlji brda čunjasta oblika s razmjerno malenim otvorom, a Mjesečeva su kružna brda sasvim drugačija. Otvor je kod njih veoma velik tako, da nekoliko puta nadmašuje dužinom visinu brda, koja ga opkoljuju. Osim toga vrlo često ima u sredini kratera još jedno brdo, koje je često oborilo mišljenja, koja su nastala o postanku kratera. Danas se kao najvjerojatnije mišljenje uzima tako zvana teorija plime. Kao što Mjesec uzrokuje plimu na Zemlji, tako je i Zemlja u prijašnja vremena, dok je na Mjesecu bilo još tekućinâ, uzrokovala plime na Mjesecu. Te su plime bile daleko jače nego one, koje mi danas promatramo na Zemlji, jer je Mjesec tada bio bliže Zemlji, a osim toga Zemlja ima 81 puta veću masu nego Mjesec, pa je i njeno djelovanje bilo 81 puta jače. Kad se Mjesec počeo skrućivati, nastala je oko njega najprije kora od čvrste tvari, koja je u početku bila dosta tanka. Ispod nje su bile još uvijek užarene mase u tekućem stanju. Plinovi, koji su se iz tih masa razvijali,

imali su veliku snagu širenja. Na te mase djelovala je privlačna sila Zemlje, nastajala je plima, pa su često mogle probiti ionako još slabu Mjesečevu koru. Za osjeke su se te mase opet povlačile kroz nastale rupe natrag u unutrašnjost Mjeseca, ali jedan dio se u to vrijeme već donekle ohladio i tako zaostao vani. Kod naredne bi se plime taj pojav ponovio, zaostale su mase postale time veće, i tako se to opetovalo sve dotle, dok najveći dio Mjeseca nije bio u krutom stanju. Učenjaci su na Zemlji pravili u tom smislu pokuse s malenim količinama tvari, pa su na taj način zaista dobili tvorevine, koje u mnogome naliče na Mjesečeva kružna brda.

Tvorevine slične kružnim brdima na Mjesecu pronađene su i na Zemlji. Poznat je krater u Arizoni, koji je nastao tako, da je na Zemlju pao velik meteor, koji je prilikom pada eksplodirao. Neki bi na taj način htjeli raztumačiti postanak svih Mjesečevih kružnih brda. Ali ako su neka možda i nastala na taj način, prilično je nevjerojatno, da su baš na Mjesec popadali svi najveći meteori. Najvjerojatnije je, da su neka od Mjesečevih kružnih brda nastala sudarom Mjeseca i većih meteora, a druga onako, kako nam to tumači teorija plime i osjeke.

Osim kružnih brda vidimo na Mjesecu i ulančana brda. Kroz dalekozor možemo viditi cijele masive, kojima su astronomi dali imena brda, koja su odprije poznata na Zemlji. Tako na Mjesecu postoje »Alpe«, »Karpati« i druga brda. Ta brda su razmjerno visoka, ali su niža od onih na Zemlji. Tek ako uzmemo u obzir, koliko je Mjesec manji od Zemlje, dolazimo do zaključka, da su ta brda u tom omjeru viša od onih na Zemlji. Oblici su im oštriji. To ćemo lako raztumačit, ako se sjetimo, da zemaljska brda zaobljuju uglavnom uzduh (vjetar) i voda. Kako na Mjesecu nema ni uzduha ni vode, ostali su oblici oštri tako, kako su to prvotno bili i na Zemlji.

Čitava površina Mjeseca nije nam poznata, jer Mjesec okreće Zemlji uvijek jednu te istu stranu. Naime uz to, što putuje oko Zemlje, Mjesec se okreće i oko svoje osi. Ali to čini tako, da dok jednom obađe Zemlju, dotle se upravo i jednom okrene oko svoje osi. Tako nam je polo-

vica Mjeseca ostala podpuno nepoznata. Ali onu stranu Mjeseca, koja je prema nama okrenuta, poznajemo vrlo dobro. Svakom Mjesečevom brdu je izmjerena visina, a kako nacrt vidimo lako sa Zemlje, nije nam teško, da sebi predočimo koje Mjesečevo brdo, okolicu ili čitav krajobraz. Račun je mjerenja visine Mjesečevih brda olakšan time, što na Mjesecu nema atmosfere, pa su sjene veoma oštre. Udaljenost Mjeseca od Zemlje nam je poznata, duljinu sjene izmjerimo u kutnoj mjeri, a tada nam je lako odrediti pravu veličinu sjene. Kad tu znamo, onda je dalje račun visine promatranog brda već sasvim lagan.

Mjesec obiđe oko Zemlje odprilike za mjesec dana, pa se zato ta mjera vremena zove u hrvatskom jeziku mjesec. Zapravo Mjesec obiđe oko Zemlje točno za nešto više od 29 dana (točno 29 dana 12 sati 44 minute).

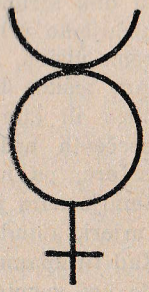
SUNČEV SUSTAV

Svako tijelo, koje putuje oko Sunca, zove se planet. Prema tome je Zemlja planet, ali kako znamo, nije jedini. U svemu kruži oko Sunca, koliko je danas poznato, devet velikih i oko 2000 malih planeta. Tijelo, koje kruži oko kojeg planeta, jest pratilac (trabant, satelit) ili mjesec tog planeta. Zemlja ima jednog pratioca (satelita): to je naš Mjesec. Ali Mjesec bismo mogli zbog oblika njegova puta smatrati i planetom. No kadgod govorimo o Mjesecu, smatramo ga Zemljinim pratiocem (trabantom ili satelitom). Osim pratilaca putuje oko Sunca nepoznat broj kometa (repača) i veoma velik broj meteora (krijesnica). To je obitelj našega Sunca.

PLANETI

Sunce ima ovih 9 planeta: Merkur, Venera, Zemlja, Mars, Jupiter, Saturn, Uran, Neptun i Pluto. Zvjezdoznanci su im dali imena poganskih rimskih bogova.

MERKUR



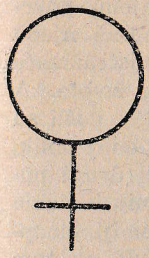
Merkur je planet, koji je najbliži Suncu. Udaljen je od njega odprilike za jednu trećinu nebeskog metra, to jest oko 58 milijuna kilometara. Kako se nalazi između Sunca i Zemlje, pokazuje mijene kao i Mjesec, samo te mijene možemo promatrati tek pomoću dalekozora, jer na toj velikoj udaljenosti vidimo Merkur sa Zemlje samo kao zvijezdu, koja može biti sad sjajnija, a sad manje sjajna, ali na kojoj prostim okom ne možemo opažati nikakve druge promjene.

Merkur je mnogo manji od Zemlje. On je najmanji od velikih planeta. Njegova masa nije pouzdano određena, ali vjerojatno iznosi tek četiristoti dio Zemljine mase. Merkur obiđe oko Sunca jednom za 88 dana. Sigurno se okreće i oko svoje osi, samo se vrijeme jednog okreta dosada nije moglo ustanoviti. Vjerojatno je, da se kao i naš Mjesec jednom okrene oko sebe u istom vremenu, u kojem jedamput obađe Sunce. Njegova gustoća prema vodi je 3,7 pa je rjeđi od Zemlje.

Pojedinosti se površine Merkura ne mogu promatrati. Kako je on vrlo blizu Sunca, izlazi i zalazi samo malo prije ili poslije Sunca, pa Sunčeve zrake veoma otežavaju promatranja. Merkur nema atmosfere, kako se to vrlo dobro vidi odatle, što odbija samo malo Sunčevih zraka, a proizlazi to i iz naučnih računa. Ako se Merkur zaista u 88 dana jednom okrene oko svoje osi, tada na njemu vladaju takve topline (temperature), da na strani, koja je okrenuta Suncu, tekućine kipe, a na drugoj su zamrznute.

Putanja Merkura pokazuje nepravilnosti, koje se nikako ne daju objasniti Newtonovim (Njutnovim) zakonom. Još bi se te nepravilnosti dale raztumačiti po Newtonovom zakonu, kad bi između Sunca i Merkura postojao još jedan planet, koji bi bio bliži Suncu, nego što je Merkur. Tražili su ga, neki zvjezdoznanci su mislili, da su ga i našli, dali mu i ime »Vulkan«, ali kasnije se pokazalo, da to nije bio traženi planet. Danas znamo, da ga nema.

VENERA



Venera je po redu drugi planet u Sunčevoj obitelji. Još je uvijek Suncu bliža od Zemlje, a po masi i gustoći je slična Zemlji. Njena masa iznosi preko četiri petine Zemljine mase, a gustoća joj je gotovo jednaka Zemljinoj. Od Sunca je udaljena tri četvrt nebeska metra, to jest oko 108 milijuna kilometara. Oko Sunca obiđe jednom u 225 dana. Čini se, da isto toliko treba, da se jednom okrene oko svoje osi.

Kolikogod Merkur slabo odbija zrake Sunca, toliko ih Venera odbija veoma jako. Njena atmosfera je gusta.

Sl. 16. VENERA

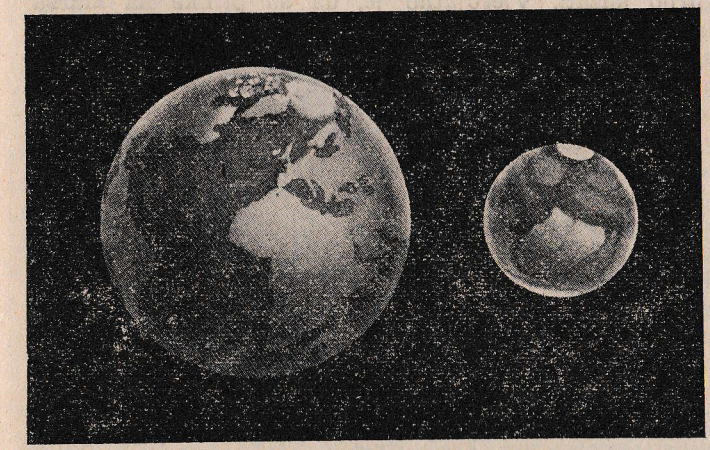
Ta neobično gusta atmosfera, koja je puna vodenih para, priječi pogledu zvjezdoznanca, da pregleda njenu površinu. Venera je obavijena gustim oblacima. Baš njena velika sličnost sa Zemljom navela je neke istraživače njene površine na misao, da na Veneri ima života. A kako je Venera tek malo bliže Suncu no Zemlja, pošli su neki još dalje i tvrde, da život na Veneri ima onaj oblik, koji je u davna vremena imao na Zemlji. Ali drugi poriču mogućnost života na Veneri zbog premalenih količina kisika, koji je, barem za oblike života na Zemlji, neophodno potreban. Sigurniji su oni, koji drže, da na tom planetu može život biti tek u početku i da ima nade i mogućnosti, da se razvije. Oblaci Venere tvrdokorno čuvaju tajnu o životu na tom planetu, i nema nade, da će nam je u dogledno vrijeme odati. Moramo se zadovoljiti činjenicom, da o životu, koji moguće postoji na Veneri, ne znamo ništa kazati, ali da postoji mogućnost, da se tamo život jednom razvije.

Merkur i Venera su unutarnji planeti. Po udaljenosti od Sunca prvi planet poslije Venere je Zemlja. Baš stoga, što se Merkur i Venera kreću unutar Zemljine staze, nazvani su unutarnjim planetima, a Mars, Jupiter, Saturn, Uran, Neptun i Pluto, koji se svi nalaze u većoj udaljenosti od Sunca no Zemlja, zovu se vanjski planeti. Unutarnji planeti nam pokazuju faze i to Venera isto onako, kako smo to opisali kod Merkura. Vanjski planeti na svom putu nikada ne dolaze između Sunca i Zemlje, pa nam ne mogu pokazivati faze.

MARS

Prvi put poslije proučavanja Mjeseca gledat ćemo nebesko tijelo, gdje našem pogledu ne će smetati ni prevelik sjaj ni gusti oblaci. Istina, tijelo, koje promatramo, nalazi se u najpovoljnijem slučaju još uvijek 59 milijuna kilometara od nas, ali i uz tu golemu udaljenost uspjelo je zvjezdoznancima odkriti dosta zanimivih činjenica o tom planetu.

Već su stari narodi opazili tu upravo krvavo crvenu zvijezdu i posvetili je bogu rata — Marsu. Kada se tisuće godina iza toga novijim zvjezdoznanskim spravama vidjelo, da taj planet ima dva pratioca, oni su dobili imena Marsovih pasa: Fobos (to znači »trepet«) i Deimos (to znači »strah«). U isto su doba zvjezdoznanci opazili na površini tog planeta razne pravilne crte i nazvali ih »kanalima«, te su mislili, da su te kanale izgradila razumna bića, to jest ljudi na Marsu. To mišljenje su još više utvrđivale činjenice, koje su pokazale, da su fizikalne prilike



Sl. 17. POREDBA IZMEĐU ZEMLJE I MARSA

na Marsu sasvim slične prilikama na Zemlji. Ono, što su zvjezdoznanci stručnjaci uzeli kao moguće, to su drugi uzeli kao gotovu stvar. Osobito su neupućeni mislili, da je Mars veći od Zemlje, da su na njemu životne prilike mnogo bolje itd. A kako je zaista?

Mars je u prvom redu mnogo manji od naše Zemlje. Njegova masa iznosi tek jednu desetinu Zemljine mase, a njegov promjer iznosi tek jednu polovinu promjera Zemlje. Njegova os okretanja (rotacije) imade skoro isti priklon prema ravnini puta oko Sunca kao i Zemlja, pa i Mars ima godišnju doba. Ali njegova godina je dulja od Zemljine: traje 686 dana. Mars je od Sunca udaljen

228 milijuna kilometara, t. j. nešto više od 1½ nebeskog metra. Okreće se oko svoje osi i jedan okret traje 24 sata 37 min. 23 sek. Njegov je dan duži od Zemljina za nekih 37½ minuta. Na svom putu oko Sunca Mars se kreće brzinom od 24 kilometra po sekundi, a Zemlja sa 30 km po sekundi. Što je ono, što vidimo na Marsovoj površini? Pokazalo se, da su tako zvani kanali obična optička varka. Ti kanali dakle ne postoje. Glavni dokaz za postojanje razumnih bića je time odpao, pa se moramo pomiriti time, da danas o tome ne možemo još ništa sigurno kazati. Vjerojatno je, da su prilike na Marsu takve, da složenija bića (to jest ljudi) više ne mogu na njem živjeti. Da li postoje preduvjeti za život nižih bića, pitanje je, koje moramo prepustiti biolozima. Po svemu se čini, da ti preduvjeti postoje. Vidimo, da na Zemlji vjetrovi, kiše, morski valovi, potresi i druge pojave sve više mijenjaju njen oblik. Zemlja postaje, iako neprimjetno, a ono ipak svaki dan sve ravnija. Doći će dan, kada će se na Zemlji i posljednje brdo sravniti s ravnicama, dan, kada će Zemlja biti slična Marsu, kakav je danas. Mars još nije došao do svog konačnog oblika, ali mu je vrlo blizu. Zemlja gubi svaki dan dio svoje atmosfere. To biva doduše neprimjetno, ali ipak biva. Isti je razvoj morao na Marsu započeti davno prije, te je od svoje atmosfere izgubio dosada svakako veći dio nego Zemlja. Mars je hladniji od Zemlje. Dok se na Zemlji topline (temperature) kreću između + 60° C i — 60° C, dotle se temperature na Marsu kreću između — 100° i + 25° C. Noviji su načini zvjezdoznancima omogućili, da mjere te topline (temperature). Najvažnija od tih mjerenja je poduzeo zvjezdoznanac Guthnick g. 1924., pa je tako ustanovljena toplina (temperatura) na Marsu. Tu temperaturu bi u gornjem dijelu čovjek još mogao podnijeti, a možda bi joj se s vremenom ljudski organizam mogao i prilagoditi, ali to ni u kom slučaju nije sigurno.

Površina Marsa još nije toliko izglađena, da bi se gubile razlike kopna i mora, ali te razlike ipak nisu svagdje jasne. No po jednoj pojavi mogli bismo suditi, da na Marsu imade, ako ne ljudi, a ono bar bilja. Promatrači su naime opazili, da se s godišnjim doba izmjenjuju neke boje na Marsovoj površini, pa su to tumačili time,

da tamo imade bilja, kome odpada lišće, da se ljeti opet zazeleni. I zaista, ti su krajevi jednom zelenkasti, drugi put smeđi, baš kao i naše šume jeseni. Ali to je ujedno sve, po čemu bi se moglo misliti, da na Marsu postoji bilo kakav život.

Imade još jedna sličnost Marsa sa Zemljom. To su polarne kape Marsa, koje u razno doba godine mijenjaju svoju veličinu. Vide se kao bijele mrlje na oba pola Marsa. Ljeti su manje, a zimi veće. Izprva se mislilo, da su čvrste i solidno vezane za samu površinu, ali se 1924. godine jedna od polarnih kapa u jednoj jedinoj noći smanjila za čitavih 100 kilometara. Odtada je jasno, da je to atmosferska pojava, jer se snijeg ili led ne bi mogli tako brzo rastopiti.

I sila teže je na Marsu mnogo manja nego na Zemlji. Predmet, koji na Zemlji ima težinu od 1 kilograma, težio bi na Marsu samo 37 dekagrama. Oblaci su u Marsovoj atmosferi mnogo viši nego u Zemljinoj. Zvjezdoznanci Douglas i Keeler su godine 1900. izračunali, da se kreću u visinama između 8 i 24 kilometara. Ti oblaci odrazuju svjetlost Sunca i u kasnoj noći.

Dva Marsova mjeseca su mnogo manja od Zemljina pratioca, ali pružaju na njegovu nebu veoma lijepe pojave. Pomrčine su tamo mnogo češće. Jedan od ta dva mjeseca, Fobos, ne kreće se kao Zemljin od zapada prema istoku, već od istoka na zapad, a putuje velikom brzinom: u jednom Marsovom danu dva puta obiđe oko njega. Evo pregleda o veličini i udaljenosti tih dvaju Marsovih pratilaca. Fobos je udaljen od Marsa 9.400 km, a promjer mu je 12 km; Deimos je udaljen 23.600 km od Marsa, a promjer mu je 9 km.

PLANETOIDI (ASTEROIDI)

Udaljenosti planeta od Sunca nisu sasvim bez reda. O tome se dade postaviti pravilo, pa se onda za svaki planet može izračunati udaljenost od Sunca, samo ako se znade, koji je dotični od velikih planeta po redu. Kad bismo dakle na takav način izračunali udaljenost Jupitra od Sunca, našli bismo, da se Jupiter kreće po dijelu svemira, gdje sasvim sigurno ne postoji nikakav veliki planet.

Uistinu je udaljenost Jupitra od Sunca dvostruka. Zvjezdoznanci prošlog stoljeća su iztraživali tu nepravilnost i došli do zaključka, da je Jupiter zaista šesti veliki planet Sunčeve obitelji i da između Marsa i Jupitra ili postoji još jedan veliki planet ili je postojao. Da postoji još danas, vjerojatno bi ga već dosta jaki dalekozori bili pronašli. Ako je postojao i na neki način propao, moraju se pronaći bar njegovi ostatci. Prihvaćena je ova druga mogućnost i tako je započelo traženje ostataka nekada velikog planeta, koji je kružio oko Sunca između Marsa i Jupitra.

Malo zatim pronađeno je zaista nekoliko malenih planeta, koji su se zaista kretali u predviđenoj udaljenosti od Sunca. No svake se godine odkrivaju novi planetoidi (asteroidi), kako su ih nazvali, pa svaki takav planet dobije jednostavno broj godine, u kojoj je pronađen, a kraj tog broja dobiva svoj redni broj, to jest, koji je od pronađenih te godine bio po redu. Kasnije, kad se sigurno ustanovi, da je to nov planet, a koji od prije pronađenih dobiva uz godinu pronalaska mjesto rednog broja dva slova. Uz to dobiva ime: obično žensko, samo ako pokazuje kakva naročita svojstva, dobiva muško ime.

Prema nebeskim tijelima, koje smo dosad promatrali, planetoidi su malena tijela. Najveći od njih, Ceres, ima u promjeru tek 800 kilometara. Svi ostali su manji, pače mnogo manji, a poznati su neki, koji u promjeru mjere svega nekoliko kilometara. Ako smo navikli, da nebeska tijela imaju bar približno oblik kugle, kod planetoida se moramo pomiriti s time, da su u najviše slučajeva sasvim nepravilna oblika. Možemo ih zamisliti kao gromade stijenâ, koje putuju svemirom. I oblik njihovih putanja je veoma čudan. Putanje velikih planeta su elipse, ali te elipse su veoma slične kružnici. Naprotiv, putanja planetoidâ (asteroida) ima oblik vrlo razvučene elipse.

Kazali smo, da se planetoidi kreću između Marsa i Jupitra, no to je tek njihova srednja udaljenost od Sunca: udaljenost, koja predstavlja neku sredinu između njihove najveće i najmanje udaljenosti. Zapravo oni često zadiru daleko unutar putanja drugih planeta. Neki od njih zadiru čak unutar putanje Venere, a planetoid 1932 HA je

jednom bio udaljen od Zemlje samo za 10 milijuna kilometara, što je za svemirske udaljenosti zaista malo. U novije doba su pronađeni planetoidi, koji se Zemlji mogu još više približiti: tako planetoid 1936 CA i 1937 UB, koji se približio Zemlji na samih 700.000 milja.

Do danas je pronađeno oko 1400 planetoida. Ima ih zastalno još i više, ali po svoj prilici ne više od dvije tisuće.

JUPITER

4

Kada je zvjezdoznanac Kopernik[4] prije više od 400 godina iznio svoje mišljenje o Sunčevu sustavu, ljudi su mu slabo vjerovali. Prošlo je odonda dosta vremena, pa kad je zvjezdoznanac Galilej[5] sto godina kasnije izumio dalekozor i prvi ga uperio na nebo, vidio je Sunčev sustav onakav, kakvim ga je zamišljao Kopernik, samo u malom. Kada je naime Galilej, uperio svoj dalekozor na Jupiter, vidio je on kraj njega još četiri točke, koje su na čudan način mijenjale svoj položaj prema Jupitru, a da se nikad nisu od njega jako udaljile. Promjene su se mogle promatrati od sata do sata. Sada je jedna od tih točki zašla iza Jupitra, da se pojavi opet na drugoj strani, sada je jedna prošla ispred Jupitrove ploče, da na njoj izgleda kao crno tijelo. Galilej je odatle zaključio, da su to Jupitrovi pratioci, koji kruže oko Jupitra baš kao Zemlja oko Sunca, to jest onako, kako je Kopernik rekao za kretanje svih planeta obzirom na Sunce. To je bilo godine 1611.

Odonda je prošlo preko 300 godina, a naše se znanje o Jupitru veoma proširilo. Slabo dotjeranim dalekozorom, koji je mjerio svega nekoliko centimetara u promjeru, Galilej nije mogao opaziti ono, što vide zvjezdoznanci današnjim dalekozorima s promjerom zrcala od 1 pa i

[4] Zvjezdoznanac Nikola Kopernik rodio se 19. veljače 1473., a umro je 24. svibnja 1543. Bio je jedan od najvećih zvjezdoznanskih učenjaka.

[5] Galilei je uz Kopernika najslavniji zvjezdoznanac svijeta. Rodio se 18. veljače 1564. u talijanskom gradu Pizi, a umro je 8. siječnja 1642. u Arcetri kod Firenze.

2 i pol metra. Svejedno — prvi je korak bio učinjen, a 300 godina kasnije nije još uvijek bio učinjen zadnji. Nije to ni danas, kada poznajemo jedanaest Jupitrovih pratilaca. Prva četiri su dobili i svoja imena: Io, Europa, Ganimed i Kalisto. Kasnije pronađenim Jupitrovim pratiocima nisu više davana imena.

Za sam Jupiter znademo, da je to najveći planet Sunčeve obitelji. On je 318 puta veći od Zemlje, a to znači, da bi od Jupitrove kugle mogli načiniti 318 drugih, od kojih bi svaka bila isto tako velika kao Zemlja, a imala bi i istu poprečnu gustoću.

Udaljenost Jupitra od Sunca iznosi 5,2 nebeska metra, to jest 778.000.000 kilometara. Da jedamput obiđe Sunce, treba blizu 12 godina. Tvar, iz koje je sastavljen, nešto je gušća od vode. Gustoća Jupitra je 1.34 prema vodi (to jest samo je za trećinu gušća od vode), a gustoća Zemlje u istom mjerilu iznosi 5,5 (to jest za 5 i pol puta je gušća od vode). Promjer Jupitrovog polutnika (ekvatora) iznosi 142.700 kilometara. Njegov je polarni promjer za čitavih 9.500 kilometara manji od ekvatorskog. To znači, da Jupiter već znatno odstupa od oblika kugle. Možemo ga predočiti kao spljoštenu kuglu, a ta spljoštenost je već velika. Uopće svako nebesko tijelo je spljoštena kugla. Tek tijela, koja smo dosad razmatrali, imaju tako malenu spljoštenost, da je nismo ni spominjali. Naša predočba, da su to podpune kugle, bila je za naše potrebe dobra. Da se Jupiter jednom okrene, traje samo 9 sati i 50 minuta. Prema tome traje dan na Jupitru poprečno četiri i pol sata, a isto toliko i noć.

U prvoj se četvrtini prošlog stoljeća na Jupitrovoj površini pokazala crvena mrlja velikih razmjera, koja je kasnije bila stalno praćena nekim bijelim oblakom. Ta se mrlja nije još uvijek izgubila, a njen postanak je još uvijek tajna. Misli se, da imade svoj postanak zahvaliti jednoj provali (erupciji), ali to se ne može dokazati. Kao primjer privlačne sile Jupitra možemo dati ovaj podatak: čovjek, koji je na Zemlji težak 75 kilograma, imao bi na Jupitru ravno 200 kilograma.

Dva od prije spomenutih jedanaest pratilaca Jupitrovih pronađena su u najnovije vrijeme. Veličine i udaljenost od Jupitra pokazuje ovaj pregled:

Pratilac:	Udaljenost od Jupitra:	Promjer:
I. Io	422.000 km	3.394 km
II. Europa	671.000 „	3.001 „
III. Ganimed	1.070.000 „	5.267 „
IV. Kalisto	1.881.000 „	5.057 „
V.	181.000 „	(160) „
VI.	11.452.000 „	(130) „
VII.	11.738.000 „	(50) „
VIII.	23.503.000 „	(50) „
IX.	25.052.000 „	(23) „
X.	51.940.000 „	? „
XI.	100.000.000 „	? „

Brojevi u zagradama nisu sasvim pouzdani, a promjer zadnjih dvaju nije još određen. Putevi pratioca br. VIII., IX., X. i XI. nisu zatvoreni, već su to otvorene krivulje, koje mogu svaki čas promijeniti svoje osobine. One ih i mijenjaju. Ti pratioci (sateliti) su tako daleko od samog Jupitra, da je privlačna sila, koja na njih djeluje tako malena, da ih i najmanji poremećaj može udaljiti od tijela, koje ih je za sebe vezalo. Prigodom pronalaska tih pratilaca (satelita) može se postaviti pitanje, da li su to zaista novi Jupitrovi pratioci, ili su oni već prije bili vezani privlačnom silom tog planeta, ali nisu bili zapaženi.

Broj naime satelita (pratilaca) za svaki planet može biti promjenljiv. Prostor između Marsa i Jupitra je ispunjen planetoidima, koji se u posebnim prilikama mogu veoma približiti kojem od velikih planeta. Ako se oni u tom slučaju tako približe velikom planetu, da je njegova privlačna sila na planetoid dosta velika, promijene put i kreću se dalje kao pratioci tog planeta. Tako planet može dobiti svoga pratioca, pa nije ni čudo, da ih je i Jupiter, taj div među planetima, pribrao najveći broj. Na sličan način može planet ostati i bez kojeg od svojih satelita, ali to nije jedini način, na koji planet dobiva ili gubi pratioce. Zarobljenici kojeg velikog planeta mogu postati kometi. Tako skoro svi veliki planeti imaju svoje obitelji kometa. Po svemu se čini, da je Jupiter svoje zadnje pratioce stekao na opisani način, no kada, to ne znamo.

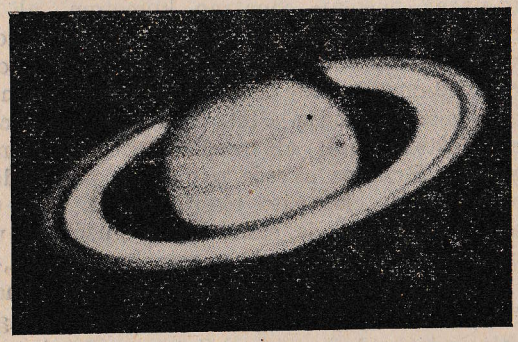
SATURN

U našem razmatranju svemira udaljili smo se od Sunca za 9½ nebeska metra, a to daje 1430 milijuna kilometara. Tu smo pronašli najčudniji planet čitave Sunčeve obitelji. Po veličini je drugi po redu, jer je 05 puta veći od Zemlje, a obađe Sunce jednom u 29½ godine. Prvi zvjezdoznanci, koji su svojim slabim dalekozorima iztraživali nebo, nikako se nisu mogli snaći, kakav oblik ima zapravo Saturn. Dosta jasno se razabirala kugla primjetljive spljoštenosti, ali kraj nje su se nalazile neke čudne izrasline. Galilej ih 1610. godine nije znao rastumačiti. Tek zvjezdoznanac Huyghaens (čitaj: Heuhens), koji je živio od g. 1629. do 1695., opazio je jasno, da je Saturn obkoljen nekim prstenom. Dalekozori su u ono doba još uvijek preslabi, a da bi mogli opaziti makar i najvećeg od Saturnovih pratilaca. Dugo se raspravljalo o tome, od čega je taj prsten i kako se može održati u ravnoteži. Konačno se uvidjelo, da taj kolut ne može biti neprekidan, već da je to roj malenih tijela, koja putuju oko Saturna. Huyghaens je pronašao prvog Saturnovog pratioca i nazvao ga Titan. Kasnije su pronađeni i drugi. Ima ih svega deset, a osim Titana svi su manji od našeg Mjeseca. Evo tih deset Saturnovih pratilaca po redu:

Ime:	Udaljenost od Saturna:	Promjer:	Vrijeme ophoda:
I. Mimas	186.000 km	650 (?)[6] km	23 sata
II. Enkladus	238.000 „	800 (?) „	1 d. 9 s.
III. Tetys	295.000 „	1.300 (?) „	1 d. 21 s.
IV. Dione	377.000 „	1.200 (?) „	2 d. 18 s.
V. Rhea	527.000 „	4.800 (?) „	4 d. 12 s.
VI. Titan	1.220.000 „	4.200 (?) „	16 dana
VII. Themis	1.460.000 „	?	20,9 „
VIII. Hyperion	1.480.000 „	500 (?) „	21,3 „
IX. Japetus	3.560.000 „	1.800 (?) „	79,3 „
X. Febe	12.900.000 „	250 (?) „	550,5 „

[6] Brojevi, uz koje je upitnik, nisu još posve stalno ustanovljeni.

Jasno je, da toliki pratioci Saturna nijesu mogli ostati bez utjecaja na djeliće, koji tvore prsten. I zaista talijanski zvjezdoznanac Cassini (Kasini), koji je živio od g. 1625. do 1712., vidio je osim unutarnjeg sjajnog prstena oko Saturna još jedan vanjski, po sjaju slabiji, a između njih tamnu pukotinu. Zato je taj zvjezdoznanac izrekao misao, da je ta pukotina nastala utjecajem Saturnovih pratilaca na djeliće, koji sačinjavaju prsten, i da ta pukotina nije jedina. Sam je tada proračunao mjesta, na kojima se moraju nalaziti daljnje pukotine, koje su kasnije zaista i pronađene.

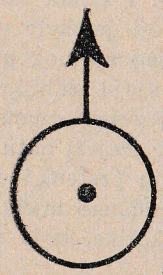


Sl. 18. SATURN

Saturn ima gustu atmosferu, ali u njoj se ne nalaze plinovi, koji čine zemaljsku atmosferu. Glavni sastavni dio Saturnove atmosfere jest ugljični monoid, a to je otrovan plin. Sunce grije samo slabo Saturnovu površinu, jer na onoj udaljenosti izgleda tek kao neznatna pločica. Da Saturn nema u sebi još svoje vlastite topline, (temperature), toplina bi na njemu bila kud i kamo niža. Ali se još nije sasvim ohladio.

Kolikogod zanimala zvjezdoznance crvena mrlja na Jupitru, sada je opću pažnju privukla bijela mrlja na Saturnu. I ona ima golem razmjer, a opazili su je tek u novije doba. Uzrok, zbog kojega je nastala, nije još poznat.

URAN



Sve planete, koje smo dosad opisali, poznavali su još najstariji narodi. Svi se oni lako zapažaju prostim okom, a po svom neobičnom načinu kretanja po nebeskom svodu lako se razlikuju od drugih zvijezda. Uran, koji je neobično oštrom oku još vidljiv, nije bilo tako lako opaziti: ostao nam je sakriven, sve dok ga u proljeće godine 1781. nije pronašao njemački zvjezdoznanac Herschel, koji je živio od g. 1738. do 1822. Pronađen je dalekozorom, kojim ga je pronalazač najprije smatrao kometom, ali su kasnija računanja pokazala, da se radi o planetu, koji kruži oko Sunca u udaljenosti od 2.870 milijuna kilometara. Da Uran jedamput obiđe Sunce, treba 84 godine. Uran je 16 puta veći od Zemlje, a ima četiri pratioca (mjeseca). I on je spljoštena kugla, ali ta spljoštenost je manja nego kod Saturna. Brzo se okreće oko svoje osi. Jedan potpuni okret traje tek nešto manje od 11 sati. Gustoća je Urana malena, pa je samo nešto gušći od vode. U dalekozoru nam se prikazuje u zelenkastoj boji, snažno odbija zrake Sunca, pa po tom sudimo, da ima gustu atmosferu. Ali i ta je atmosfera sastavljena uglavnom od ugljičnog dioksida kao i kod Saturna. Toplina (temperatura), koja na njem vlada, veoma je niska: kreće se oko 170° C ispod ništice.

NEPTUN

Ono, što je najzanimljivije na tom planetu, jest put, koji je doveo do njegova otkrića. Zvjezdoznanci su opazili, da se put Urana ne poklapa s onim, koji bi Uran morao opisivati prema zvjezdoznanskim računima. Najprije su pogrješku tražili u promatranjima. Radi se tu naime o vrlo malenim veličinama, koje je teško mjeriti, pa se lako posumnja u točnost samog motrenja. Ali kad je pogrješka sve više rasla, moralo

se o tome promijeniti mišljenje. Između mnogih, koji su se trudili, da riješe to pitanje, nalazio se i mladi, još sasvim nepoznati zvjezdoznanac Leverrier (čitaj: Leverje), koji je živio od godine 1811. do 1877. On je postavio ovakvo pitanje: »Recimo, da su motrenja, koja su vršili zvjezdoznanci, točna. Što tada još preostaje, da ukloni taj planet sa proračunane staze?« Odgovorio je, da to može biti samo još jedan planet, koji svojom privlačnom silom smeta Uranu na njegovu putu. Istina, taj planet nije još nitko vidio, ali nešto o njemu, ako postoji, ipak znamo: udaljenost, koja se približno može dobiti iz pravila, što smo ih spomenuli kod planetoidâ, i smetnje, kojima je djelovao na Uran. Leverrier se prihvatio tog teškog i dotada još neizvedenog zadatka i sjajno ga izveo na čistac. Unaprvo je prorekao mjesto, gdje valja tražiti nepoznati planet, pa je u blizini tog mjesta u jesen g. 1846. zaista nađen. Kasnije, kad su zvjezdoznanci istraživali okolinu tog novog planeta, pronađen je i jedan njegov mjesec. Sam planet su nazvali Neptun. U dalekozoru se pokazuje kao kugla plavkaste boje, vrlo malene spljoštenosti. On je 17 puta veći od Zemlje. Vjerojatno se u 16 sati jednom okrene oko svoje osi. Od Sunca je udaljen za 30 nebeskih metara, to jest 4.490 milijuna kilometara. Da jednom obiđe oko Sunca, treba blizu 165 godina. Atmosferske prilike su na njemu slične kao na Saturnu i Uranu. Temperatura (toplina) je još niža, jer sa Neptuna izgleda Sunce još samo kao sjajna zvijezda.

PLUTO

Povijest odkrića devetog velikog planeta, koji su nazvali Pluto, sasvim je sličan povijesti odkrića Neptuna. Račun je tu bio nešto lakši, jer ga je za drugi planet Leverrier već jednom proveo. Računar je dakle znao, da takav račun vodi do cilja. Ali provjeravanje samog računa bilo je nerazmjerno teže. Ponajprije taj se planet imao kretati u mnogo većoj udaljenosti od Sunca nego Neptun, a to znači, da će ga biti teško pronaći, jer će se jedva razlikovati od ostalih sitnih zvjezdica, kojih u

okolici ima zastalno veoma mnogo. Konačno je godine 1930. taj planet ipak pronađen na jednoj svjetlopisnoj (fotografskoj) ploči. Kad su zatim istraživali ostale fotografske (svjetlopisne) ploče, koje su prikazivale dio neba, na kom se u to doba taj planet morao nalaziti, našli su ga na još nekoliko ploča, od kojih je najstarija bila iz 1914. godine. Pokazalo se, da je Pluto čudan planet. Elipsa, koju opisuje, veoma je razvučena: kad je najbliži Suncu (tada kažemo za planet, da je u perihelu), nalazi se od Sunca isto toliko udaljen kao i Neptun, a kad je od njega najdalji (u tom položaju je planet u afelu), udaljen je od Sunca za 50 nebeskih metara. Da jednom obiđe oko Sunca, treba odprilike 250 godina. Ostali podaci o tom planetu nisu još pouzdani. Nezna se, prati li ga na putu kroz svemir koji pratilac (satelit, mjesec). Čini se, da ga nema, a ako i postoji, malo je vjerojatno, da bi ga na toj udaljenosti mogli odkriti.

KOMETI (REPATICE)

Iza planetâ dolaze u Sunčevu sustavu još kometi ili repatice. Čudna su to nebeska tijela, koja su još u nedavna vremena znala svojom pojavom prouzročiti kod naroda strah, jer su mnogi vjerovali, da pojava repatice znači veliku nesreću. Isprva se nije uopće znalo, pripadaju li kometi (repatice) svemiru, ili su tvorevina zemaljske atmosfere. To je pitanje bilo tek kasnije razjašnjeno. Kod velikog kometa (repatice) jasno se može razlikovati sjajna jezgra, iz koje stalno struji tvar, što sačinjava toliko poznati rep repatice (kometa). Značajno je (a kasnije ćemo razumjeti i zašto), da je rep repatice uvijek okrenut na protivnu stranu od Sunca. Međutim odkada su dalekozori postali još jači, nije pojava kometa (repatice) bar za zvjezdoznance nikakva rijetkost. Svake godine se pronađe po nekoliko novih kometa (repaticâ), ali se samo rijetko koji može vidjeti prostim okom. Dok je takva repatica još veoma udaljena od Zemlje, ima više manje nejasan oblik pločice, pa se lako zamjenjuje s kojim drugim nebeskim tijelom. Zato oni, koji traže na nebu nove komete, moraju veoma dobro poznavati nebo i imati izvanredne karte neba i popise zvijezda i drugih

nebeskih tijela po mjestima, koja zauzimaju na nebeskom svodu.

Kometi (repatice) su maleni. To se vidi po tome, što kometi ne izvode ni najmanje smetnje ni na koje nebesko tijelo. Kometi se na svom putu mogu veoma približiti planetima, zaći unutar putanja njihovih pratilaca, ali nemaju nikakva utjecaja na njih. No tim je veći utjecaj,

Sl. 19. REPATICA (KOMET), koja se vidjela godine 1908.

što ih svako nebesko tijelo čini na komete. Od jednog ophoda oko Sunca do drugoga kometi stalno mijenjaju oblik svog puta. Najprije je općenito vladalo mišljenje, da putevi kometa imadu oblik krivulje, koja se zove parabola. (Vidi sliku 17.). Ali u tom slučaju kometi ne bi bili članovi Sunčeva sustava, jer je parabola krivulja, koja je na obje strane otvorena. Po tome bi dakle kometi dolazili iz dalekog svemira, došli u blizinu Sunca, zaobišli ga i vratili se u dubine svemira. Međutim pokazalo se, da velika većina kometa opisuje oko Sunca jako izdužene elipse, a to potvrđuje, da su kometi članovi Sunčeva sustava.

Kad bi kometi nastali bilo gdje drugdje u svemiru, nastali bi vjerojatno u obitelji kojeg drugog Sunca. U svemiru naime postoje miljarde sunaca, ali prostor, u kome se ta sunca nalaze, također je ogroman: uza sav taj velik broj sunca su u svemiru svejedno vrlo narijetko posijana. Ali u svemiru ne postoji mnogo sunaca, koja bi ujedno imala planete i komete. Nadalje rijetkost je, da komet promijeni svoj put upravo tako, da je novi put baš parabola i da na taj način ostavi sustav, u kom je nastao. Daleko veća rijetkost je onda još i to, da na svom novom putu prođe upravo sustavom našeg Sunca. Slika, koju ovdje iznosimo, pokazuje, kako komet, koji je najprije imao putanju u obliku parabole, mijenja tu putanju u oblik elipse. Taj je komet naime u blizini planeta, koji ga je svojom privlačnom silom privukao k sebi. Ali komet je u tom času imao izvjesnu brzinu, koja ga je sačuvala od toga, da se sruši na taj planet. Utjecaj je ipak bio tolik, da je putanja od oblika parabole prešla u oblik elipse. Slično se može eliptičan put pretvoriti u paraboličan. Tako je svaki veći planet pribrao nekoliko kometa, od kojih su najznatnije obitelj Jupitra, Saturna, Urana i Neptuna.

Tvar, od koje se sastoji komet, obično je ugljikov monoksid ili su to dušikovi spojevi.

Kazali smo, da komet u velikoj udaljenosti od Sunca ima najprije nejasan oblik. Što se više približava Suncu, to se jasnije vidi unutar maglovite mase jezgra, iz koje nastaje kasnije rep. Najprije se komet nalazi u vrlo hladnim krajevima svemira, jer su ti jako udaljeni od Sunca. Ali kasnije se sve više ugrijava, materija, od koje se sastoji, pretvara se u plin tako, da se više ne sastoji od više manje čvrste cjeline, već od pojedinih čestica, koje mala masa kometa više ne može držati svojom privlačnom silom na okupu. Sad nastaje ova pojava: Svijetlo, što ga Sunce šalje u svemir, izvodi na čestice repa kometa tlak, zbog kojega se svaka čestica repa udaljuje od Sunca i cijeli rep se zakrene na protivnu stranu od Sunca.

Sad moramo raztumačiti, zašto se komet u velikoj udaljenosti od Sunca vrlo teško vidi. Sam je malen, a vidimo ga jedino zato, jer odbija zrake Sunčeva svijetla. Drugačije je, kad dođe u blizinu Sunca. Dijelovi njegove

mase su tada užareni pa i sami svijetle. Rep mu se vanredno produži: poznati su kometi, kojima se u blizini Sunca rep produžio i preko 200.000 km, pa ih možemo vidjeti i prostim okom. No mnogi kometi uopće ni ne dolaze u takvu blizinu Sunca, da bi ih mogli opaziti. Neke od tih možemo još vidjeti pomoću dalekozora, ali to još uvijek nisu svi.

Broj kometa, koji se kreću Sunčevim sustavom, nije poznat. Godine 1910. mogla su se prostim okom promatrati dva kometa. Prvi je poznati Halley-ev (Helijev) komet,[7] jedan od najvećih, koji su dosad promatrani. Pripada obitelji Neptuna, a opisuje put u obliku elipse. Velika os njegove putanje iznosi 5.400 milijuna kilometara, a u perihelu (to jest kad je najbliže Suncu) je 60 puta bliže no u afelu (kad je najdalje od Sunca). U blizini Neptunove putanje putuje brzinom od svega 1 km na sekundu, a u blizini Sunca putuje brzinom od 60 km po sekundi. Da jednom obađe oko Sunca, treba 76 godina tako, da ga ponovno očekujemo u blizini Zemlje godine 1986. Prošli put bio je vidljiv kroz 21 mjesec. Spomenuti komet se već jasno vidio na nebeskom svodu, kad se u siječnju 1910. pojavio još jedan, ali taj je bio vidljiv samo kratko vrijeme.

Ljetopisi spominju komet iz 1843. godine kao »veliki komet«, jer je njegov rep dosegao veličinu od 250 milijuna kilometara. Suncu se približio na samih 100.000 kilometara, prema tome je bio zašao već u područje protuberance, čime možemo protumačiti neobičnu duljinu njegova repa, koji nije bio kao obično svinut, već skoro podpuno ravan.

Bielin komet[8] neobično je zanimiv. Ponajprije se on u razmjerno kratkim razmacima vraćao u blizinu Sunca. Da jednom obiđe oko Sunca, treba manje od 7 godina. Osim toga može se na tom svom putu neobično približiti Zemlji. Promatrali su ga nekoliko puta, ali go-

[7] Edmund Halley (čitaj: Heli) bio je engleski zvjezdoznanac, koji je živio od g. 1742. do 1742. Odkrio je repatice (komet), koja je po njemu prozvana »Halleyev komet«.

[8] Vilim barun Biela bio je austrijski časnik, koji se bavio i zvjezdoznanstvom. Živio je od g. 1782. do 1856. Odkrio je komet, koji je prozvan »Bielin komet«.

dine 1845. zapažene su na njemu neobične promjene. Razpao se naime u dva kometa nejednaka sjaja, ali kasnije se sjaj obaju dijelova na neko vrijeme izjednačio. Malo zatim izgubio se u svemiru za ljudsko oko najprije jedan, a potom i drugi dio. S velikim zanimanjem očekivali su njegov povratak 1852. godine, kad se zaista ponovno pojavio, ali su oba njegova dijela bila već više razmaknuta nego prije. Razmak je i dalje postajao sve veći. Ponovni povratak nije bio više zapažen, iako su ga pomno tražili. Tek godine 1872. pojavio se velik broj krijesnica, a činilo se, kao da sve izlaze iz blizine onog mjesta na nebu, na kome su zvjezdoznanci očekivali pojavu spomenutog kometa. Zaključak je ovaj: Bielin komet se na svom putu kroz svemir raspao i tako je nastao roj krijesnica, koje i dalje putuju njegovom stazom. Čini se, da je to konačna sudbina svakog kometa, no kako dugo će živjeti, ovisi dakako o njegovoj masi.

KRIJESNICE ILI METEORI

Krijesnice ili meteori su dijelovi kometa (repaticâ). Često ih vidimo na nebu, osobito u mjesecima kolovozu i rujnu. Narod kaže: »Zvijezda je pala«. Ali to je krivo. Zvijezde ne padaju s neba. Meteori su svemirsko kamenje, koje putuje oko Sunca i pokorava se na svom putu istim zakonima privlačnosti, kao i sva ostala nebeska tijela.

Dugo su se vodile prepirke o tome, šta su zapravo meteori. Držali su ih atmosferskim pojavama (otuda im i ime), dok nije godine 1794. fizičar Hladni dokazao njihovo svemirsko porijeklo. To je svemirsko kamenje, koje se može prigodice zaletiti u Zemljinu atmosferu. Tom prilikom se ugriju i u najviše slučajeva ispare tako, da ni ne dospiju do Zemljine površine. Tek veći komadi dospiju do dna atmosfere i padnu na Zemlju. Sama ta pojava se naziva meteorom, a kamen, koji padne ili se ispari, jest meteorit. Veliki komadi izazivaju velik odpor zraka, pa stoga gube na brzini. U nekom se trenutku rasprsnu (eksplodiraju), jer ih razore plinovi, koji se uslijed stalnog ugrijavanja razvijaju u njihovoj unutarnjosti. Ti se veliki meteoriti zovu bolidi.

Kad smo opisivali Bielin komet, naveli smo, da se raspao u dva dijela. Kasnije smo naveli, da se svaki komet raspada. Razlog je tome taj, što komet nije jedinstveno čvrsto tijelo, već je i njegov najčvršći dio (taj se dio zove »glava«) sastavljen od mnoštva meteorita. Kad se komet već posve razpao, ostaje iza njega roj meteorita. To se mnogo puta opažanjem potvrdilo. Prvi potanko ispitani roj bio je roj, koji je još iz srednjeg vijeka poznat pod imenom »Suze sv. Lovrinca«. Svake bi se naime godine točno na dan 10. kolovoza pojavile krijesnice u većem broju, a za sve se činilo, kao da izlaze iz istog mjesta na nebu: iz zviježđa Perzeja. Stoga su dobile ime perzeidi ili Lovrinački roj. Kako su se svake godine pojavljivale na istom mjestu, značilo je, da Zemlja na svom putu oko Sunca svake godine dolazi na mjesto, gdje se sretne s tim rojem. To znači, da taj roj ispunjuje neku putanju, cestu, unutar Sunčeva sustava, koju Zemlja svake godine jednom presiječe. Računi i ispitivanja o tome roju po starim zapisima su pokazala, da veliki komet iz godine 1862. putuje istom stazom kao i Lovrinački roj. Tako je prvi put bila ustanovljena veza između kometa i krijesnicâ.

Danas se drži, da nisu sve krijesnice nastale na taj način, već da ih ima, koje uopće nisu nastale unutar Sunčevog sustava, nego u dalekim krajevima svemira. No sigurno je, da je većina nastala onako, kako smo to opisali.

KRATAK PREGLED SUNČEVA SUSTAVA

Razmotrili smo Sunce kao središnje svemirsko tijelo. Masa Sunca toliko prelazi mase svih planeta i ostalih tijela tog sustava, te smijemo zamisliti, da je Sunce na miru, a sva ostala tijela se giblju oko njega. Devet velikih planeta se giblje oko Sunca u elipsama, koje su veoma slične kružnicama. Neki od tih planeta imaju svoje vlastite pratioce: to su njihovi mjeseci. Oko 2000 planetoida se giblje oko Sunca u elipsama, koje su jako spljoštene i često duboko zadiru u putanje ostalih planeta. Nalaze se između putanja planetâ Marsa i Jupitra.

Osim tih tijela giblje se oko Sunca neodređen broj kometa i meteorita, koji se kreću u veoma razvučenim elipsama, a mogu tu putanju promijeniti i u putanju, koja ima oblik parabole.

Sva ta tijela izvode gibanja oko Sunca, jer ih Sunce privlači po zakonu, kako ga je izrekao zvjezdoznanac Newton (Njutn).[9] Još prije Newtona dao je pravu sliku Sunčeva sustava Kopernik. Kepler[10] je na osnovu dugogodišnjih promatranja, što ih je izveo Tycho Brahe[11] dao toj slici matematski (računski) oblik. Taj je sadržan u tri Keplerova zakona o gibanju planeta:

1. Svi planeti opisuju oko Sunca elipse: u jednom od žarišta takve elipse je Sunce.

2. Provodnica svakog planeta prebriše u jednakim vremenima jednake površine.

3. Kvadrati ophodnih vremena dvaju planeta se odnose kao kubi[12] njihovih velikih poluosi. T. j.:

$$T_1^2 : T_2^2 = a_1^3 : a_2^3 .$$

Provodnica je crta, kojom u mislima spajamo središte Sunca sa središtem planeta. Ona u neko vrijeme prebriše (prijeđe) određenu površinu. Na taj nam način drugi Keplerov zakon kaže, da u istom razmaku vremena mora provodnica prebrisat plohu, koja je po površini jednaka prvoj. To znači, da se planet giblje polaganije, kad je daleko, a brže, kad je blizu Sunca. Zato se i Zemlja giblje u afelu (kad je najdalje od Sunca) polaganije nego u perihelu (kad je najbliže Suncu).

Ako sa Zemlje gledamo planete, vidimo, da se svi giblju uvijek unutar istih zviježđa, koja tvore tako na nebeskom svodu zatvoren pojas. Razlog je tome taj, što se svi planeti giblju približno u istoj ravnini. Zviježđa tog

[9] Izak Newton (Njutn) je najveći engleski zvjezdoznanac, koji je živio od g. 1643. do 1727.

[10] Johann Kepler je veliki njemački zvjezdoznanac, koji je živio od g. 1571. do 1630.

[11] Tycho Brahe bio je slavni danski zvjezdoznanac, koji je živio od g. 1546. do 1601.

[12] Kub nekog broja jest broj, koji je tri puta pomnožen sam sa sobom. Tako je kub od broja dva: $2^3 = 2 . 2 . 2 = 8$.

pojasa su privukla stoga posebnu pažnju već u početku astronomije (nauke o zvijezdama). Kako većina (a prvotno vjerojatno i sva) tih zviježđa ima životinjska imena, nazvan je taj pojas životinjskim pojasom ili zodijakom.

Prvi je mogao stvarno pokazati vrijednost Kopernikova sustava zvjezdoznanac Galilej, i to tako, da se je o tome svatko mogao uvjeriti vlastitim očima.

Evo dva pregleda o Sunčevom sustavu:

I

Planet:	Ophodno vrijeme:	Udaljenost od Sunca u neb. m:	u milij. km:	Duljina puta u milij. km:
Merkur	88 dana	0,4	58	360
Venera	225 „	0,7	108	680
Zemlja	1 godina	1,0	149,5	940
Mars	1,9 „	1,5	228	1400
Jupiter	11,9 „	15,2	778	4900
Saturn	29,5 „	29,5	1426	8900
Uran	84 „	19,2	2869	18.000
Neptun	164,8 „	30,1	4496	28.000
Pluto	247,7 „	39,5	5899	

Planet:	Veličina prema Zemlji:	Promjer u km:	Gustoća:	Trajanje okretanja:
Merkur	0,04	4.800	3,7	?
Venera	0,82	12.200	5,2	?
Zemlja	1	12.757	5,5	24 s.
Mars	0,11	6.800	3,9	?
Jupiter	318	142.700	1,3	9 s. 50 m.
Saturn	95	120.800	0,6	?
Uran	15	49.700	1,4	11 s.
Neptun	17	53.000	1,3	16 s.
Pluto	?	?		

ZVIJEZDE

Upoznali smo članove Sunčeve obitelji. Ali na nebeskom svodu vidimo još mnogo drugih zvijezda. Često se kaže: »Tisuće zvijezda . . .« No prostim okom možemo u našim krajevima za veoma povoljnih prilika vidjeti najviše 1000 zvijezda. A i to vide samo oni, koji imaju veoma dobre oči. Na čitavom nebeskom svodu ima oko 5000 zvijezda, koje ljudi oštra vida mogu vidjeti bez dalekozora. Od toga ih se odprilike polovica vidi sa sjeverne, a polovica s južne polutke Zemlje. A od one polovice, koju mi sa sjeverne polutke možemo vidjeti, nisu uvijek sve zvijezde odjednom nad obzorom. Čovjek prosječna vida vidjet će u jednom času nešto preko 700 zvijezda. U dalekozoru su vidljive i one zvijezde, koje su preslaba sjaja za sam čovječji vid. I što je bolji dalekozor kojim se pomažemo, raste i broj zvijezda, koje vidimo. Taj broj naglo raste. Još je veći broj zvijezda, koje možemo razabrati na fotografskim (svjetlopisnim) pločama. Računa se, da broj zvijezda, koje možemo zapaziti najsavršenijim današnjim sredstvima, iznosi odprilike 1 miljardu.

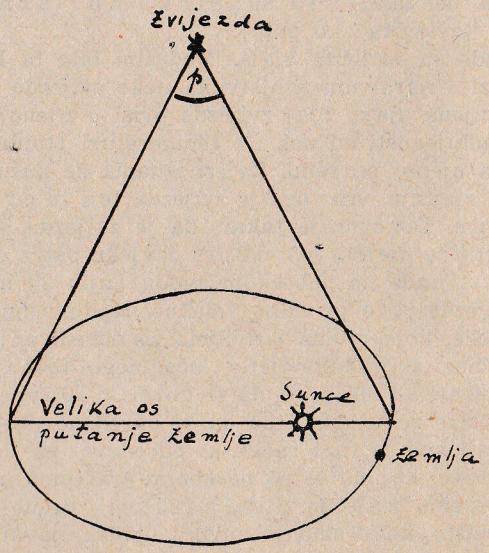
Na prvi pogled izgleda, da su zvijezde sasvim nepravilno raspoređene po nebeskom svodu. Ali i površni motritelj će opaziti, da su zvijezde duž jednog pojasa, koji se prostire s jednoga kraja neba na drugi, veoma gusto razpoređene. To je Mliječna Cesta ili Kumovska Slama. U tom pojasu su zvijezde tako gusto jedna uz drugu, da ih samo vrlo teško možemo razlikovati jednu od druge. Na nekim mjestima to uopće ne možemo. Osim toga lako zapažamo, da gustoća, kojom su zvijezde razpoređene na nebeskom svodu, opada, što se više udaljujemo od Kumovske Slame. Da bi pojedine zvijezde lakše upamtili, svrstali su ih već stari narodi u pojedina zviježđa, od kojih svako ima svoje ime. To ime bi imalo odgovarati liku, koji se dobiva, kad se sjajnije zvijezde tog zviježđa u mislima međusobno povežu crtama. Dakako da je tu

veoma mnogo radila mašta, pa te slike često imaju malo što zajedničko s onim, što bi imale prikazivati, ali taj se način pamćenja zvijezda pokazao dobar pa se do danas održao. Važnija zviježđa sjeverne polutke (dakle ona, koja su vidljiva u našim krajevima) opisat ćemo kasnije u posebnom poglavlju. Neka su od tih zviježđa tako visoko nad obzorom, da su vidljiva svaku noć čitave godine i nikada ne zalaze. To su cirkumpolarna zviježđa (zviježđa oko pola).

Zvijezde su različita sjaja. Međutim bilo bi krivo zaključivati o naravnim svojstvima neke zvijezde samo na osnovu njena sjaja. Sjaj zvijezde ovisi o njenoj veličini, ali i o udaljenosti od nas i o temperaturi (toplini), koja vlada na njenoj površini. Zvjezdoznanci ne kažu: ova je zvijezda sjajnija, već: ova je zvijezda te i te prividne veličine. Dogovor je takav, da je zvijezda šeste prividne veličine upravo još vidljiva čovjeku oštra oka. Najsjajnije zvijezde na nebeskom svodu (njih 20 na broju) jesu zvijezde prve prividne veličine. Među njima se nalaze i neke, koje prema pravilima za određivanje prividnih veličina zvijezda svijetle jače, nego točno zvijezda prve veličine, ali običaj je, da se govori o 20 zvijezda prve veličine. Sve se to čini, kao da je određeno dosta samovoljno, ali sve je to i računski određeno, pa danas postoje sprave, kojima se po posebnim pravilima mjeri prividna veličina zvijezda. Riječ »veličina« tu ne dolazi u onom smislu, kako smo je navikli upotrebljavati u običnom govoru. Ovdje se razumijeva veličina prividnog sjaja, a ne veličina po prostoru, što ga ta zvijezda zauzima. Imade nebeskih tijela, koja nam se čine sjajnija od zvijezda prve veličine, pa su zato za prividne veličine uvedeni daljnji brojevi: O (nulta prividna veličina), —1 (čitaj: minus prva prividna veličina), —2, —3 itd. Što je zvijezda slabijeg sjaja, to je veći pozitivan broj, koji određuje njenu prividnu veličinu. Najnovije sprave bilježe još zvijezde 21. prividne veličine. S druge strane Sunce, prividno najsjajnije tijelo, koje nam je poznato, je —27 prividne veličine.

Za daljnja je razmatranja važno, da po mogućnosti znamo, kako je daleko koja zvijezda od nas. Mjerenja, koja nam to pokazuju, vrlo su teška, jer se tu radi o

veoma malenim veličinama. Šta više, u najviše slučajeva nije moguće običnim načinom, to jest sasvim geometrijski odrediti udaljenost koje zvijezde. Važnost tog rada za poznavanje sastava svemira najbolje nam dokazuje to, da su već u staro doba neki zvjezdoznanci kazivali, da se Zemlja giblje, ali nijesu toga mogli dokazati, jer se na zvijezdama nisu opažala gibanja. Tako je najjedno-



Slika 19a. KAKO SE MJERI UDALJENOST ZVIJEZDE

stavniji prigovor na tvrdnju o gibanju Zemlje bio taj, da se kazalo: »Dobro, Zemlja se giblje. Ali zašto onda ne opažamo, da se zvijezde, prema kojima se giblje Zemlja, razmiču, a one druge skupljaju?« Na taj prigovor nije bilo drugog odgovora, već da su zvijezde tako daleko, da se to prostim okom ne da ni zapaziti. Čim su određene prve udaljenosti zvijezda, vidjelo se, koliko je taj odgovor opravdan, ali i to, da je u ono doba trebalo u nj vjerovati, a dokazati ga nije bilo moguće.

Kako se mjeri udaljenost neke zvijezde od nas, pokazuje priložena slika broj 19a. Recimo, da smo izmjerili položaj neke zvijezde na nebeskom svodu u času, kad je

Zemlja u perihelu (najbliže Suncu). Zatim ponovno izmjerimo položaj iste zvijezde, kad je Zemlja u afelu (najdalje od Sunca). Na taj način dobivamo kut p, koji zovemo p a r a l a k s o m te zvijezde. Daljnji postupak je sasvim računske naravi. U trokutu perihel-afel-zvijezda poznat nam je kut p i stranica perihel-afel. Trokut uzimamo kao istokračan, pa je lako izračunati visinu v kao udaljenost te zvijezde od našeg Sunca. Ima i drugih načina, kojima se mjere udaljenosti zvijezda, ali to je bio prvi i nama najprikladniji. Zvijezde su od nas toliko udaljene, da se samo za najbliže od njih mogla izmjeriti paralaksa i odrediti udaljenost. Nebeski metar, to jest mjera, kojom smo se služili u Sunčevom sustavu, postao je za te udaljenosti premalen. I da nam brojevi, kojima izražavamo udaljenosti zvijezda, ne bi bili preveliki, morali su zvjezdoznanci posegnuti za većom mjerom. Ta mjera je g o d i n a s v j e t l o s t i. Jedna godina svjetlosti ima odprilike 10 bilijuna kilometara. Taj broj ćemo lako zapamtit, ako izpišemo slovima: 1 godina svijetla, izpod toga opet prepišemo jedinicu, a pod svako slovo podpišemo po jednu ništicu:

1 g o d i n a s v i j e t l a
= 1 000000 00000000
= 10 bilijuna kilometara.

Poznate najbliže zvijezde jesu ove:

Ime zvijezde:	Prividna veličina:	Udaljenost u godinama svjetlosti:
Najbliža u Kentauru (Proxima Centauri)	11	4,1
Centauri	0,3	4,3
Bernardova zvijezda	10	6
Wolf 359	14	8
Lalande 21.185	8	8,1
Sirius	—1,6	9

Da dobijemo gornje brojeve, mora nam najprije biti poznata paralaksa ove ili one zvijezde. Paralaksa je kut (vidi sliku), pod kojim bi se sa dotične zvijezde vidio promjer Zemljine staze. Na osnovu toga je uvedena u

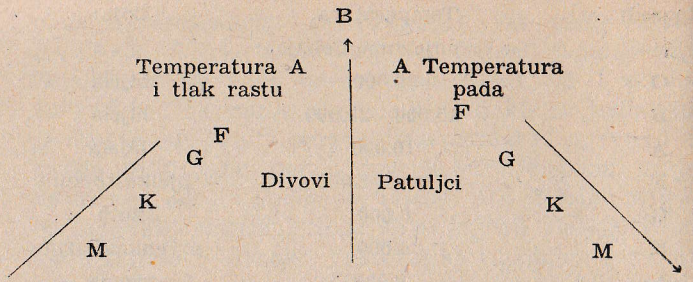
nauci o zvijezdama (astronomiji) još jedna mjera: p a r s e k. To je udaljenost, pod kojom bi se promjer Zemljine staze vidio upravo pod kutem od 1 sekunde (1", to jest najmanje mjere kuta). Dakle zvijezda, koja je od nas udaljena 1 parsek, ima paralaksu upravo 1 sekundu kuta. Jedan parsek ima 30,8 bilijuna km, to jest nešto više od $3^1/_2$ godina svjetlosti. Što je koja zvijezda od nas više udaljena, to je po svjetlosti slabija. Prema sjaju zvijezde — onako, kako taj sjaj vidimo, — svrstali smo zvijezde prema prividnim veličinama. Ali možemo se pitati: kakva bi bila prividna veličina te zvijezde, kad bi bila udaljena od nas 10 parseka? Taj broj zovemo a p s o l u t n o m v e l i č i n o m z v i j e z d e. Jasno je da apsolutna i prividna veličina nisu jednake. Tako je Sunce za nas zvijezda —27 prividne veličine, ali samo 5 apsolutne veličine. Kad bi se udaljili od Sunca za 10 parseka, bilo bi ono za nas još upravo vidljivo.

NARAVNE OSOBINE ZVIJEZDA

Motrimo li noćno nebo pažljivije, opazit ćemo, da sve zvijezde nemaju jednaku boju: pronaći ćemo bijele, žute, crvene zvijezde, ali i zvijezde drugih boja. Boja neke zvijezde ovisi u prvom redu o temperaturi (toplini), koja vlada na njenoj površini. Kad u vatri grijemo željezo, ono postaje najprije crvenkasto, zatim crveno, narančasto, žuto pa modrikasto, dok se ne ugrije do bijelog žara. Zatim kad se ohlađuje, prođe željezo sve te boje obrnutim redom. Svaka boja odgovara izvjesnom stepenu temperature (topline), koju željezo ima u taj mah. Jednako svaka boja zvijezde odgovara izvjesnom stepenu temperature (topline), koja vlada na njenoj površini. Ispitivanjem spektara zvijezda opazilo se, da se bojom zvijezde mijenja i njen spektar, pa su prema spektru i temperaturi na površini svrstane zvijezde u pojedine razrede. To svrstavanje je izvršeno na zvjezdarnici Harvard, pa se spomenuti razredi zovu Harvard-razredi. Ti razredi su ovi:

Razred:	Temperatura (u stupnjevima Celzija):	Boja:
O	30.000	bijela
B	15.000—23.000	bijela
A	10.000	bijela
F	7.000—8.000	bjelkasto-žuta
G	6.000	žuta
K	4.000	crvenkasto-žuta
M	3.000	crvena

Ako su nam osim temperature (topline) poznati i prividna i apsolutna veličina zvijezde, možemo prosuditi i to, koja bi joj bila prava veličina u geometrijskom smislu, to jest prostor, što ga zauzima. Neke zvijezde su veoma velike: to su one, kojima se apsolutne veličine kreću između + 1 i — 6. Zovu ih divovi ili giganti. Neki zovu zvijezde s apsolutnim veličinama od — 3 do — 6 supergigantima (naddivovima). Zvijezde od + 4 do + 16 veličine jesu patuljci. Sunce pripada G razredu, apsolutne veličine je + 5 te je prema tome žuti patuljak. Uopće su zvijezde razreda B i A pretežno divovi, a u ostalim razredima ima i divova i patuljaka. Tako je nastalo mišljenje (teorija), da svaka zvijezda prođe u svom životu kroz sve razrede. Potvrđuje to činjenica, da na nebu vidimo zvijezde različite apsolutne veličine i različitog razreda. Prema tom mišljenju (teoriji) zvijezda započinje život kao crveni div veoma malene gustoće. Zatim se zvijezda steže, ali tim poraste tlak, a prema tome i njena temperatura (toplina). To traje sve dotle, dok nije postignuta neka granica, nakon koje se zvijezda ohlađuje. U tom stanju njena temperatura (toplina) pada, a gustoća raste. Nakon što je postigla stanje crvenog patuljka, zvijezda podpuno ugasne. To mišljenje (teorija) nije bez prigovora, ali je jedno od najboljih, koje dosad postoji. Sunce je prema tome veći dio svog života već preživjelo i nalazi se odprilike na polovici silaznog puta, to jest u zadnjoj četvrtini svog života.



ZVIJEZDE SE GIBLJU

Obično govorimo o zvijezdama stajačicama. Tim imenom ih razlikujemo od planeta, kod kojih iz dana u dan možemo pratiti promjene položaja na nebeskom svodu. Ali i zvijezde stajačice se giblju. Nekad se mislilo, da one doista stoje, pa su njihova gibanja opažena tek kasnije. Razlog tome nam je sada poznat: toliko su od nas udaljene, da su nam njihova gibanja morala ostati sakrivena, sve dok nauka nije raspolagala vrlo dobrim kartama neba i dugotrajnim opažanjima. Brzine, kojima se giblju zvijezde, su razne: neke se giblju samo nekoliko kilometara u sekundi, a neke do stotine kilometara u sekundi. To je tako zvano vlastito gibanje zvijezda. To gibanje je najveće kod Bernardove zvijezde, koja se u jednoj godini pomakne na nebu za kut od 10 sekundi (najmanje mjere kuta), no ipak treba 180 godina, da se pomakne za širinu Mjesečeve ploče. Mnoge su zvijezde od nas toliko udaljene, da njihova gibanja uopće ne zapažamo. Kod mnogih je drugih brzina, kojom se giblju, određena spektroskopom (spravom za dobivanje spektra).

Prolazimo li dugom ulicom, onaj će se kraj ulice, kome se približavamo, prividno širiti, a onaj od kojeg se udaljujemo, postajat će sve uži i uži. Ako se naše Sunce (kao i ostale zvijezde) giblje u prostoru, mora postojat kraj neba, u kome će nam se činiti, kao da se zvijezde sve više

udaljuju jedna od druge, a nasuprot tome drugi, u kome ćemo vidjeti obratno: da se zvijezde međusobno sve više približavaju. Takav kraj zaista postoji: približavamo se sve više zviježđu Herkula, a udaljujemo se od Oriona. Točka, prema kojoj putuje Sunce sa svim planetima, zove se apeks, a ona, od koje se udaljuje, jest antiapeks. Prema gibanjima ostalih zvijezda izračunano je, da se Sunce giblje u prostoru brzinom od 20 kilometara u sekundi. Zemlja se giblje oko Sunca brzinom od 30 kilometara u sekundi, pa je prava putanja Zemlje elipsa samo obzirom na Sunce. Obzirom na zvijezde stajačice putanja Zemlje je prostorna spirala.

Neke se zvijezde giblju po nekoliko njih jedna s drugom usporedo. Razlog je tome taj, što se sve giblju prema istom dijelu svemira. Te zvijezde čine zvjezdana jata.

DVOJNE ZVIJEZDE

Upotrebom dalekozora pronađene su u prošlom stoljeću zvijezde, koje su bile među sobom veoma blizu. Bila su moguća dva slučaja: ili vidimo sa Zemlje te zvijezde tako blizu jednu drugoj, jer ih gledamo u istom smjeru, a uistinu su veoma daleko jedna od druge, ili su zaista tako blizu, da među njima postoji naravna veza. Kod nekih se zvijezda pokazalo, da su to zaista dvojni sustavi, koji se u svemu pokoravaju Newtonovu zakonu gravitacije (teže), a kod nekih je blizina bila samo prividna. Danas je poznato oko 27.000 takvih parova zvijezda. U tom broju nisu uračunate zvijezde, kojima je prividna veličina manja od 9. Za tisuću od spomenutih zvijezda utvrđeno je sasvim sigurno, da su među sobom povezane jednako kao Zemlja i Sunce. Prva nam je pomisao, da su to sustavi, slični Sunčevom, ali ima znatnih razlika. Kod tog gibanja nedostaje tijelo oko kojeg bi se gibala sva ostala. U Sunčevom sustavu ne ćemo mnogo pogriješiti, ako kažemo, da je Sunce na miru, a planeti se giblju oko Sunca. Jer veličina Sunca je tolika, da veličina svakog pojedinog planeta prema njoj iščezava, pa se težište cijelog sustava nalazi još uvijek unutar Sunca. Kod dvoj-

nih zvijezda je drugačije: dva se Sunca, a ne planet i sunce, među sobom privlače, njihove veličine su u najviše slučajeva podjednake, pa ne možemo kazati, da se jedno od njih kreće oko drugoga, već oba opisuju (svako za sebe) elipse oko zajedničkog težišta, koje se nalazi između oba tijela. Gibanje im je takvo, da oba sunca i težište leže uvijek u jednom pravcu. Da jednom obađu oko zajedničkog težišta, treba kod nekih sustava tek nekoliko dana, a kod nekih i mnogo godina. Takve sustave zovemo vizuelnim (vidljivima) za razliku od spektroskopskih, gdje dalekozorom vidimo tek jednu zvijezdu, a spektroskop nam odaje, da se zapravo radi o dvije zvijezde. Ophodna su vremena takvih dvojnih sustava manja: nekoliko dana, a rjeđe i koja godina.

Na osnovu računa mehanike neba možemo izračunati veličine dvojnih zvijezda. Kod takvog se izračunavanja naišlo na nekoliko veoma čudnih zvijezda. Ako na primjer uzmemo u obzir Siriusova pratioca i njegovu malu prividnu veličinu, izlazi, da je njegova gustoća tisuće puta veća i od najteže nama poznate tvari (materije). To još nije nauka razjasnila. Takvih zvijezda je pronađeno više, a zovu ih »bijeli patuljci«.

Osim dvojnih zvijezda pronađeni su trostruki, četverostruki i uopće višestruki sustavi zvijezdâ. Osobito su zanimljivi trostruki sustavi, koji daju jedno od najzanimljivijih i najtežih područja mehanike neba. Na rješavanju tog tako zvanog »pitanja triju tijelâ« radili su, a rade još i danas, najbolji i najpoznatiji računski učenjaci (matematičari) i zvjezdoznanci (astronomi).

PROMJENLJIVE ZVIJEZDE

Opaženo je, da mnoge zvijezde stalno mijenjaju sjaj. Njihova prividna veličina ne ostaje ista. To su promjenljive zvijezde. Dosad je potanje ispitano oko 7000 takvih zvijezda, ali se znade, da ih ima mnogo više. Neke od njih mijenjaju sjaj pravilno: takve zvijezde mijenjaju u određenim razmacima vremena ili podpuno pravilno ili bar u približno istim razmacima vremena postizavaju svoj najveći ili najmanji sjaj. Druge opet ne pokazuju

u mijenjanju sjaja nikakvih pravilnosti. Prema tome promjenljive zvijezde dijelimo u dva razreda: u pravilno promjenljive i nepravilno promjenljive. A svaki od tih razreda podijeljen je dalje u podrazrede već prema uzrocima promjenljivosti ili prema sličnostima u promjenama sjaja. Razmotrit ćemo samo neke od pravilno promjenljivih zvijezda.

Tu možemo spomenuti najprije one dvostruke zvijezde, kod kojih su oba sunca nejednaka sjaja. Ako je takav sustav tako položen prema nama, da tamnije sunce može pomračiti svjetlije, očitovat će se to u promjeni sjaja dotične zvijezde. Takva je zvijezda Algol u Perzeju. Njegov je pratilac podpuno taman. Ophodno vrijeme tog sustava iznosi 2 dana i 21 sat. Kad nije pomračen, Algol je zvijezda druge prividne veličine. Pomračenje traje svega 9.45 sata, a za vrijeme najmanjeg sjaja Algol dostiže prividnu veličinu 4.

Važnu skupinu promjenljivih zvijezda čine Cefeide. Njihovo ophodno vrijeme iznosi ili nekoliko sati ili nekoliko dana. Sjaj im naglo raste, a zatim polagano i nešto nepravilnije pada. Prva zvijezda te skupine, na kojoj su pomnije razmotrene promjene sjaja, bila je Delta Cefeja. No kad se ispitivala apsolutna veličina tih zvijezda, pronašlo se, da je ta u uskoj vezi s periodom (vremenom) promjene sjaja. Iz toga slijedi: ako nam je poznato vrijeme (period) promjene sjaja, poznata nam je i apsolutna veličina cefeide. Kako prividnu veličinu možemo mjeriti, to nam je time poznata i udaljenost od zvijezde. Važno je, da su cefeide pronađene i u najudaljenijim svemirskim tvorevinama: i u onima, kojih udaljenost prije nikako nismo mogli odrediti. No prisustvo cefeida nam je odalo i te udaljenosti. Cefeide su giganti ili supergiganti.

Giganti i supergiganti su i zvijezde tipa Mira Ceti (to znači »čudna u Kitu«). To je prva zapažena promjenljiva zvijezda. Za vrijeme najvećeg sjaja zna doseći i prividnu veličinu 2, a kad je sjaj najmanji, tada je prividne veličine 9. Period (vrijeme) promjene njena sjaja iznosi 11 mjeseci, ali koji put treba više, a koji put i manje vremena. Naravni uzrok takvih promjena još nije pronađen. Zvijezde tog tipa su veoma brojne.

NOVE ZVIJEZDE

Prvu takvu zvijezdu je opazio Tiho Brahe 1572. godine. Na mjestu, gdje se prije prostim okom nije vidjela zvijezda, pojavila se zvijezda, koja je u malo dana dosegla sjaj Venere, da poslije nekog vremena postane prostom oku opet nevidljiva.

U novije doba je proučavanje takvih zvijezda znatno napredovalo zbog primjene fotografije (svjetlopisa) i spektroskopa. Na mjestu, gdje se pojavi nova zvijezda, redovno je prije bila zvijezda slaboga sjaja, kojoj je smjer naglo narasao, da zatim u početku brzo, a kasnije sve sporije pada. Po spektralnom tipu su to zvijezde razreda A i B. U isto vrijeme se zvijezda obavija maglicom, koja je veoma slična planetarnoj (vidi kasnije na str. 66.). Sve to, a i neke druge činjenice, dovele su do ovog tumačenja pojave novih zvijezda:

Uslijed napetosti unutar zvijezde njen obujam naglo naraste (po nekima postaje stostruk), a užareni plinovi iz unutarnjosti prodru prema van. Tako poraste svjetlost zvijezde (nova zvijezda u Herkulu je na taj način u nekoliko dana postala 300.000 puta svjetlija), a oko nje se stvara maglica, koja ostaje oko nje, i nakon što je cijeli tok pojave već davno prestao. Ima zvjezdoznanaca, koji tako tumače postanak svake planetarne maglice.

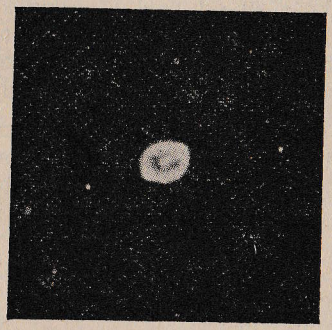
SKUPOVI ZVIJEZDA

Na nekim mjestima neba su zvijezde osobito gusto razmještene. To su skupovi zvijezda. Prema vanjskom obliku razlikujemo otvorene i kuglaste skupove. Primjer otvorenog skupa su Vlašići ili Plejade. Otvoreni skupovi su nepravilna oblika. Naprotiv kuglasti skupovi imaju pravilan, zatvoren oblik. Što dalje od središta takvog skupa, zvijezde su sve rjeđe poredane. U središtu stoje tako gusto jedna uz drugu, da ih je nemoguće razriješiti. Broj zvijezda takvog skupa je velik: cijeni se do jednog milijuna. Kako su u takvim skupovima pronađene Cefeide, mogla se odrediti i njihova udaljenost, koja se kreće između 25.000 i 150.000 godina svjetlosti. Promjeri se takvih skupova cijene na 100 godina svjetlosti.

MAGLICE

U dalekozoru se često vide tvorevine slaba svijetla, a ponajviše i dosta nejasna oblika. To su svemirske **maglice**. Prema vanjskom obliku, a i prema naravnim svojstvima podijeljene su maglice u difuzne, planetarne i spiralne.

Difuzne maglice su nepravilna oblika. Tako su dobile posebna imena, koja podsjećaju na njihov prividni izgled, na primjer: Sjeverna Amerika, Velo itd. Te maglice ne svijetle vlastitim svjetlom, već onim, što ga primaju od okolnih zvijezda. Znadu biti veoma velikih razmjera. Najpoznatija i najveća takva maglica se nalazi u zviježđu Oriona (o kojem se govori u ovoj knjizi kasnije). Poznato je oko stotinu takvih maglica.



Sl. 20. PLANETARNA MAGLICA

Planetarne maglice su slične difuznima, ali su pravilnijeg oblika, a po veličini su mnogo manje. U njihovu središtu se nalazi zvijezda, za koju misle, da nije slučajno na tom mjestu, već da je veza te zvijezde i maglice onakva, kako smo to opisali, kad smo govorili o novim zvijezdama. Naziv »planetarne« dobile su te maglice zato, jer u dalekozoru liče na pločice planeta.

Spiralne maglice su sasvim posebna oblika. Imaju oblik spirale, u kojoj se obično vrlo dobro razabiru dva kraka, koji izlaze iz maglovite jezgre. Na krajevima,

gdje je tvar (materija) nešto rjeđa, pojavljuju se pojedini čvorovi, kao da se materija na tim mjestima skuplja u zvijezde. Broj spiralnih maglica se ne može lako odrediti, jer ih ima veoma mnogo. Misli se, da ih je dosad opaženo oko jedan milijun. Pomoću Cefeida, koje su se pronašle i u tim maglicama, određene su njihove udaljenosti. Tako se pokazalo, da su to najudaljenije tvorevine svemira. Najbliža i najveća nama poznata spiralna maglica u Andromedi (o kojoj ćemo čuti kasnije), udaljena je od nas milijun godina svjetlosti, a poznate su nam i takve maglice, koje su od nas udaljene i 100 milijuna godina svjetlosti. To je zadnja granica, dokle je do danas čovječje oko prodrlo u svemir. Drži se, da je svaka takva maglica zapravo ogroman skup zvijezda.

Tamni oblaci. Neki predjeli neba su napadno bez zvijezda. To osobito upada u oči u nekim predjelima Kumovske Slame, koja je inače tako bogata zvijezdama. Takva mjesta u Kumovskoj Slami su bila nazvana »vrećama ugljena«. Danas se drži, da su to oblaci tamne tvari (meteorita), koja ne propušta svijetlo i tako na tim mjestima svemira ne vidimo zvijezde. Takva mjesta su prozvana »tamni oblaci«.

KUMOVSKA SLAMA

Trebalo je mnogo vremena, dok su zvjezdoznanci pronašli, zašto se u nekim dijelovima neba našlo na okupu toliko zvijezda, dok su u drugim dijelovima smještene mnogo rjeđe. Radilo se naime o tako zvanoj Kumovskoj Slami. Rješenje je bilo jednostavno. Pokazalo se, da sve zvijezde, a među njima i naše Sunce, ispunjuju u svemiru prostor, koji je nalik na kotač ogromnih razmjera. Sve se one drže na okupu, pa možemo zamisliti (a to zaista odgovara istini), da se Sunce sa svim planetima nalazi negdje u blizini središta tog kotača. Gledamo li u smjeru, koji je okomit na ravninu tog kotača, vidjet ćemo samo malo zvijezda, jer se njihov najveći broj nalazi baš u samoj toj ravnini. Gledamo li u vodoravnom smjeru, moramo vidjeti najveći broj zvijezda. Sve te

zvijezde zajedno sa Suncem čine veliku obitelj Kumovske Slame ili Mliječne Staze.

Tako smo opet proširili znanje o našem položaju u svemiru. Nalazimo se na Zemlji, ali ona je samo jedan član mnogo veće Sunčeve obitelji. Zajedno sa Zemljom putujemo oko Sunca poprečnom brzinom od 30 km na sekundu, a Zemlja putuje osim toga zajedno sa Suncem i svim članovima njegove obitelji kroz svemir brzinom od 20 km na sekundu. Ali uvijek ostajemo unutar Kumovske Slame. Ni Kumovska Slama kao cjelina ne ostaje na miru. Njeno gibanje možemo procijeniti prema gibanjima drugih sličnih sustava. Kumovska Slama nije jedina takva obitelj zvijezda. Njoj pripadaju sve zvijezde, koje vidimo, ali mnogi drže, da je svaka spiralna maglica isto takav sustav zvijezda.

NAŠA ZVIJEŽĐA

Svatko želi u prvom redu znati za najvažnija zviježđa, koja su vidljiva u našim krajevima. Zato neka ovdje bude iznesen kratak pregled tih zviježđa. Pri tome ne ćemo spominjati ona zviježđa, koja su sastavljena od slabijih zvijezda, a inače nisu osobito važna. Sva ćemo ostala zviježđa svrstati u tri skupine. I to:

I. Cirkumpolarna zviježđa (zviježđa oko pola). To su ona, koja u našim krajevima nikada ne zalaze. Ona, koja u svakoj vedroj noći vidimo bez prekida od zalaza do izlaza Sunca. Od tih ćemo opisati ova zviježđa:

1. Veliki Medvjed
2. Mali Medvjed
3. Zmaj
4. Kasiopeja
5. Cefej

II. Zviježđa zodijaka (životinjskog pojasa) su ona, unutar kojih se prividno kreću Sunce, Mjesec i planeti. Spomenut ćemo svih dvanaest:

6. Ovan
7. Bik
8. Blizanci
9. Rak
10. Lav
11. Djevica
12. Vaga
13. Škorpion
14. Strijelac
15. Jarac
16. Vodenjak
17. Ribe

III. **Ostala zanimiva zviježđa našega neba:**

18. Andromeda	23. Lira	28. Veliki Pas
19. Kočijaš	24. Labud	29. Mali Pas
20. Kosa Berenikina	25. Pegaz	30. Orao
21. Botes	26. Kit	31. Perzej
22. Herkul	27. Orion	

Proučavanjem zviježđa se bavi poseban dio astronomije (nauka o zviježđima): to je astrognozija. U ovom kratkom pregledu istaknut ćemo samo neke zanimljivije zvijezde iz svakog zviježđa, i te će nam poslužiti kao primjeri onoga, što je u ovoj knjizi napisano o dalekom svemiru.

Zbog kraćeg pisanja ćemo kod višestrukih zvijezda pojedine zvijezde označiti velikim slovima A, B, C itd. U tom je slučaju zvijezda obilježena slovom A najveće prividne veličine, a za njom slijede po redu ostale. Običaj je, da se pojedine zvijezde u nekom zviježđu obilježavaju malim grčkim slovima. I tu su zvijezde veće prividne veličine označene početnim slovima abecede, a daljnjim slovima abecede zvijezde manje prividne veličine. Prividna veličina se označuje malim slovom m iza broja, koji daje stupanj veličine. Tako 3^m znači zvijezdu treće prividne veličine.

I. CIRKUMPOLARNA ZVIJEŽĐA

1. **Veliki Medvjed** je svakome dobro poznato zviježđe. U nekim krajevima ga zovu i Velika Kola. Na prvi pogled se ističe sedam sjajnijih zvijezda tog zviježđa, koje su dobile posebna imena. Dokazano je, da od tih sedam zvijezda njih pet pripada jednom jatu, kome osim tih pripadaju i neke zvijezde iz drugih zviježđa. Zvijezda Dzeta je veoma zanimiva. Oštro oko je vidi kao dvije zvijezde, a obje su dobile posebna imena. Veća se zove Mizar, a manja Alcor (Alkor). Sam Mizar se u većim dalekozorima pokazuje opet kao dvostruka zvijezda, a svaka je od tih zvijezda opet dvostruki sustav. Dakle taj sustav zvijezde Dzeta je peterostruk, a pomoću spektroskopa je dalje pronađeno, da nam se približava brzinom od 10 km u sekundi. No kako je od nas zvijezda

Dzeta udaljena za 150 godina svijetla, to nam se još milijune godina ne će primjetljivo približiti.

2. **Mali Medvjed** ili **Mala Kola.** To je zviježđe, u kome se sada nalazi nebeski pol. Najbliže je polu zvijezda Alfa, koja je stoga dobila naziv Polarna Zvijezda. To je zapravo ona od svjetlijih zvijezda (to jest zvijezda druge prividne veličine, a to se bilježi kratko ovako: 2^m). Uistinu je i ona za 1 stupanj udaljena od pola, dakle toliko, koliko na nebeskom svodu iznose dvije širine Mjesečeve ploče. Sama zvijezda je četverostruki sustav. U dalekozoru se vidi kao trostruka zvijezda, ali pomoću spektroskopa je opaženo, da je zvijezda A (to jest zvijezda najveće prividne veličine iz te skupine) sama za sebe dvostruka.

3. **Zmaj.** Prije 4000 godina je zvijezda Alfa u Zmaju bila od svih ostalih najbliže polu. Tada je ona zauzimala odprilike onaj položaj, što ga danas zauzima Polarna zvijezda. U zviježđu Zmaj posebno je još važna i zvijezda Ni, koja je dvostruka zvijezda. Obje te zvijezde su sive boje i pete prividne veličine (5^m). Isto je tako dvostruka zvijezda Omikron, od koje je jedna žute, a druga ljubičaste boje.

4. **Kasiopeja.** Najsjajnije zvijezde tog zviježđa čine na nebu oblik sličan slovu W. Zvijezda Eta je jedna od najznamenitijih dvostrukih zvijezda. Razni motritelji se ne slažu u tom, koje boje točno imadu obje njene zvijezde. Vjerojatno je jedna žuta, a druga crvena.

5. **Cefej.** U tom zviježđu nema zvijezda, koje bi naročito upadale u oči, ali tu se nalazi zvijezda Delta, koja je uzorak za cijeli niz promjenljivih zvijezda, a te su, kako smo prije vidjeli, neobično važne za određivanje daljina u svemiru.

II. ZVIJEZDE ŽIVOTINJSKOG POJASA

6. **Ovan.** U tom zviježđu je zvijezdu Gama zvjezdoznanac Hooke (Huk) 1664. godine prepoznao kao dvostruku. Ima zvjezdoznanaca, koji tvrde, da je to uopće prva pronađena dvostruka zvijezda, ali tome nije tako. Prostim okom se ne može vidjeti, da je to dvostruka zvijezda.

7. **Bik.** U tom je zviježđu najvažnija zvijezda Alfa ili Aldebaran. To je zvijezda prve prividne veličine (1^m). Ta zvijezda se uzima kao mjera prve prividne veličine (1^m). Ima doduše 20 zvijezda prve prividne veličine, no jedne su svjetlije, a druge manje svijetle od prve prividne veličine. Aldebaran se toj mjeri najviše približava. Dvostruk je, a od nas se udaljuje brzinom od 55 km u sekundi. U tom zviježđu se nalazi najljepša hrpa zvijezda našeg neba: Plejade. Mogu se vidjeti već prostim okom, a u najmanjem dalekozoru pružaju već krasan dojam. Manje je lijepa druga hrpa zvijezda u istom zviježđu: Hijade, ali i ona u malenim dalekozorima pruža prekrasnu igru svjetla. Daljnja je važna zvijezda u zviježđu Biku zvijezda Eta ili Alkione (Alcyone). To je najsjajnija zvijezda u hrpi Plejada. To je trostruka zvijezda, a veliki dalekozori ju pokazuju kao četverostruku. Još treba istaknuti zvijezdu Theta, koja se dade rastaviti već u sasvim malenim dalekozorima, pa se svatko može uvjeriti, da je dvostruka: jedna je bijela, a druga je žuta. Isto se tako lako rastavlja zvijezda Sigma, koja je vrlo blizu zvijezdi Theta.

8. **Blizanci.** Tako je to zviježđe prozvano po dvjema veoma sjajnim zvijezdama, koje su obje prvoga reda, a na nebeskom svodu ih vidimo veoma blizu jednu drugoj. Prva je Kastor (Alfa). To je peterostruka zvijezda, a sve su to sunca, koja još nisu postigla vrhunac svog razvitka, iako su mu veoma blizu. Od nas je Kastor udaljen 41 godinu svjetla. Druga je Poluks (Beta), a ona je, koliko znamo, najmanje šesterostruka zvijezda. Po sjaju je nešto slabija od Kastora. Poluks se polako udaljuje od našega Sunca. U kartama neba nalazimo na određenom mjestu u Blizancima ubilježeno: M 35. To je veoma lijepa hrpa zvijezda, koja se u povoljno vrijeme može vidjeti i prostim okom. U malenim dalekozorima pruža veoma lijepu sliku. U zviježđu Blizancima spomenut ćemo još zvijezdu Ni. Ona ima povjesno značenje za nauku o zvijezdama. To je naime ono mjesto neba, na kome je zvjezdoznanac Herschel pronašao planet Uran. I ta zvijezda je dvostruka.

9. **Rak.** U tom zviježđu se nalazi veoma lijepa hrpa zvijezda. Galilej ih je u svom dalekozoru nabrojio 36, a

kasnije ih je pomoću većih dalekozora nabrojeno 300. Neobično je zanimiva zvijezda Dzeta. To je trostruka zvijezda: dvije žute, a treća narančasta. Prve dvije kruže oko zajedničkog težišta, pa da načine podpun okret, trebaju 60 godina. Treća kruži oko prvih dviju u većoj udaljenosti, ali u obrnutom smjeru. Gibanje treće zvijezde pokazuje nepravilnosti, po kojima se zaključuje, da ima tamnog pratioca, koji treba $17^1/_2$ godina, da jednom obiđe svoje središnje tijelo. Da ta treća zvijezda jednom obiđe prve dvije zvijezde treba preko 600 godina.

10. **Lav.** U tom zviježđu su zanimljive dvije zvijezde, obje dvostruke. Prva je Alfa ili Regulus. To je sunce na vrhuncu svoje snage, a udaljeno je od nas 99 godina svjetla. To je jedna od 20 najsjajnijih zvijezda. Druga je u zviježđu Lava važna zvijezda Gama, koja je također sjajna dvostruka zvijezda: jedna žute, a druga narančaste boje.

11. **Djevica.** To je područje mnogih maglica, ali te nijesu pristupačne malenim dalekozorima. No već dalekozor od 10 cm otvora pokazuje uz pedeseterostruko povećanje mnoge od njih veoma lijepo. Zvijezda Alfa ili Spika (spica = klas) u tom zviježđu svakako je jedna od najsjajnijih zvijezda, koje vidimo na našem nebu. Njena apsolutna veličina je procijenjena na -41, a to znači, da je 340 puta sjajnija od Sunca. To je dvostruka zvijezda, od koje se obje jednom okrenu oko zajedničkog težišta u manje od 4 dana. U nešto većoj udaljenosti, vezana je uz taj sustav i treća, manja zvijezda. Važno je u tom zviježđu Djevice spomenuti i zvijezdu Gama, koja je također dvostruka: da jednom obiđe oko težišta, treba 194 godine.

12. **Vaga.** Zviježđe Vaga je dvostruka zvijezda, koja se dade rastaviti i najjednostavnijim dalekozorima: prva je žuta i skoro treće prividne veličine ($2{,}9^m$), a druga je siva i nešto iznad pete prividne veličine ($5{,}3^m$).

13. **Škorpion.** U tom zviježđu je zvijezda Alfa crvene boje. Zato je dobila ime Antares, to jest suparnik Aresa (Marsa), koji je također crvenkast. U većim dalekozorima se vidi, da je dvostruk. Udaljen je od nas preko 100 godina svjetlosti, ali nam se približava brzinom od 160 km u minuti. To je crveni div. U tom zviježđu se

nalazi i nekoliko hrpa zvijezda, od kojih spominjemo M 6 i M 7. Prva se može opaziti već prostim okom.

14. **Strijelac** zauzima na nebeskom svodu velik prostor, koji je ujedno bogat hrpama zvijezda i maglicama. Hrpa

Sl. 21. TRODJELNA MAGLICA U STRIJELCU

zvijezda M 8 je veoma lijepa i opkoljena maglicom, a vidi se u povoljnim prilikama i prostim okom. Upravo sjeverno od toga nalazi se lijepa maglica, kojoj se daje oznaka M 20. Zbog toga, jer izgleda, kao da se sastoji iz tri dijela, pa se ta trodjelna maglica zove Trifid-maglica. (Vidi sliku.)

15. **Jarac.** U zviježđu Jarcu je zvijezda Alfa, koja se zove i Giedi, najmanje šesterostruka zvijezda. Oštro oko će je i bez dalekozora vidjeti dvostruko, a svaka od tih je sama za se trostruka.

16. **Vodenjak.** U tom je zviježđu lijepa dvostruka zvijezda Alfa, kojoj su obje zvijezde bijele, a prividne su im veličine oko 4 i pol.

17. **Ribe.** To je veoma razvučeno zviježđe, koje se sastoji iz samih slabih zvjezdica. Za nas je to zviježđe važno samo zato, jer pripada životinjskom pojasu, to jest leži na putu planeta.

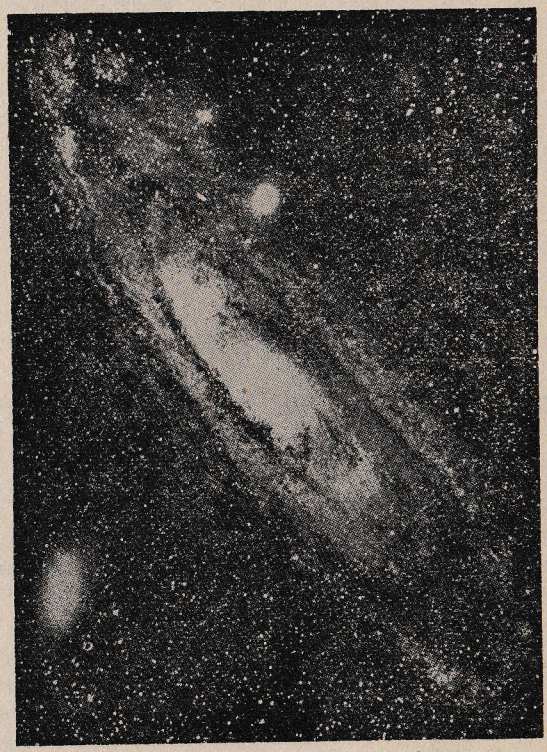
III. OSTALA ZANIMLJIVA ZVIJEŽĐA

18. **Andromeda.** Najzanimljiviji dio tog zviježđa jest maglica M 31. To je najpoznatija spiralna maglica. Na slikama izgleda veoma razvučeno, ali se misli, da je to samo zbog toga, što je mi gledamo sa strane. To je najveća spiralna maglica, koju poznajemo. Udaljena je od nas blizu 900.000 godina svijetla, a ukupna masa je 3.500 milijuna puta veća od mase Sunca. U njoj se nalazi mnogo miljarda sunaca. To je sustav, koji je sličan našem sustavu Kumovske Slame. U tom zviježđu je najsjajnija zvijezda Alfa ili Alamak. To je trostruka zvijezda, koja nam se približava brzinom od 10 km u sekundi.

19. **Kočijaš.** Najsjajnija i najljepša zvijezda tog zviježđa je Alfa ili Kapela (Capella = koza). Nedaleko od nje se nalaze tri sitne zvjezdice (Epsilon, Eta i Dzeta), koje s njom čine oštar trokut. Spomenute su tri zvjezdice nazvane »Kozlići«. Kapela je žarko žute boje i mnogo veća od našeg Sunca. Od nas se udaljuje brzinom od 30 km u sekundi. Spektroskopski je dvostruka. Osim toga ima i povijesno značenje, jer je to prva zvijezda, na kojoj je iskušan važan način mjerenja promjera, a proveli su ga zvjezdoznanci Michelson i Fizean (Fizô).

20. **Berenikina Kosa** je otvorena hrpa zvijezda, koja u malenim dalekozorima uz sasvim mala povećanja daje vrlo lijepu sliku.

21. **Volar ili Bootes (Botes).** U tom zviježđu je zvijezda Alfa ili Arcturus (Arktur) vrlo lijepa zvijezda prve prividne veličine. Boje je crvenkasto žute. Približava nam se brzinom od 300 km u minuti, ali to je samo u smjeru prema nama. Njegova cijela brzina je neobično



Sl. 22. VELIKA SPIRALNA MAGLICA U ANDROMEDI

velika: 330.000 km na sat. Obujam mu je preko 10.000 puta veći od obujma Sunca. Od nas je udaljen za više od 40 godina svijetla. Druge dvije zvijezde — Jot i Mi — su dvostruke zvijezde, koje se lako rastavljaju.

22. **Herkul** je zviježđe, koje je za nas već zato zanimljivo, jer prema tom zviježđu putuje čitav Sunčev

sustav. Veoma zanimljiva hrpa zvijezda tog zviježđa jest M 13. Pronašao ju je Halley (Heli) 1714. godine, a do danas je u njoj nabrojeno preko 5.000 što zvijezda, a što maglica.

Sl. 23. DIO VELIKE MAGLICE U ANDROMEDI

23. **Lira** je veoma maleno zviježđe, ali puno zanimivih zvijezda. Među njima je zvijezda Alfa ili Vega jedna od najsjajnijih zvijezda našega neba. Apeks Sunca je u Herkulu, ali ako želimo dati točniji podatak prema najbližoj svjetlijoj zvijezdi, onda moramo odabrati Vegu. Mjesto

polarne zvijezde zauzimala je prije 4000 godina zvijezda Alfa iz zviježđa Zmaja, danas ga zauzima zvijezda Alfa iz Malog Medvjeda, a za 12.000 godina će ga zauzimati Vega. Vega je dvostruka zvijezda, a od nas je udaljena 40 godina svijetla. Druga važna zvijezda iz Lire je Beta. To je trostruka zvijezda. Osim toga je promjenljiva

Sl. 24. MAGLICA N. G. C. 891 U ANDROMEDI

s periodom (pravilnom promjenom sjaja) od 12 dana, 21 sati 47 minuta. Sjaj se mijenja od prividne veličine 4,1 do prividne veličine 3,4. Treća je važna zvijezda iz Lire zvijezda Epsilon. To je dvostruka zvijezda, koja se vrlo lako rastavlja. Isto se tako lako rastavlja zvijezda Eta.

U blizini zvijezde Gama se nalazi znamenita planetarna (t. zv. Prstenasta maglica) maglica M 57.

24. **Labud.** Zovu ga i Sjeverni Križ, jer njegove najsjajnije zvijezde čine upravo oblik križa. U tom zviježđu je zvijezda Alfa ili Deneb zvijezda prvoga reda. Ujedno je to jedna od nama najdaljih zvijezda, pa se misli da je

Sl. 25. HRPA ZVIJEZDA U HERKULU

najmanje 1000 puta veća od Sunca. Udaljena je od nas 400 godina svijetla. Druga važna zvijezda u Labudu je zvijezda Beta. To je jedna od naljepših dvostrukih zvijezda za male dalekozore, te je jedna narančasta, a druga modra. Zvijezda označena brojem 61 je veoma zanimljiva. To je zvijezda, za koju je zvjezdoznanac Bessel g. 1838. izmjerio, da je od nas udaljena $10^{1}/_{2}$ godina svijetla.

dakle da je to jedna od nama najbližih zvijezda. Lijepa je u Labudu i zvijezda Hi, koja je crvene boje, ali veoma slaba sjaja. Ona ima period (pravilnu promjenu sjaja) od 406 dana. Sjaj joj se u tom razmaku vremena mijenja za nekoliko veličina tako, da za pola godine ostaje prostom oku nevidljiva, a u doba najvećeg se sjaja može pronaći i bez dalekozora. Lijepa je hrpa zvijezda M 39.

25. **Pegaz.** To je veliko zviježđe, u kome je vrijedno spomenuti kuglastu hrpu zvijezda M 15, koja u malenim dalekozorima izgleda kao maglica, ali u većim se rastavlja u mnogo sitnih zvjezdica.

Sl. 26. PRSTENASTA MAGLICA U LIRI

26. **Kit.** To je vrlo veliko zviježđe, ali se sastoji iz samih veoma malenih zvijezda. U Kitu je zvijezda Omikron jedna od najznamenitijih promjenljivih zvijezda. Odkrio ju je Fabricius 1596. godine. Njezin sjaj je veoma nepravilno promjenljiv, pa je stoga dobila ime »Mira Ceti«, što znači: čudna u Kitu.

27. **Orion.** Zvijezda Alfa ili Beteigeuze (čitaj: Betegez) jedina je promjenljiva između zvijezda prve veličine. Ona je nepravilno promjenljiva, a drži se, da stalno mijenja svoj obujam: kako tlak u unutrašnjosti naraste, tako se zvijezda proširi, a onda, nakon što je uspostavljena ravnoteža, opet se stegne. Astronomi kažu, da zvijezda pulzira. Izmjeren je i njen promjer, koji je 280 puta veći od promjera Sunca. Od nas je udaljena 180 godina svi-

jetla. Druga zvijezda iz Oriona je zvijezda Beta ili Rigel, koja je od nas udaljena 450 godina svijetla: to je između sjajnih zvijezda najudaljenija od nas. Dvostruka je. Zvijezda Delta iz Oriona lako se rastavlja. Zvijezda Theta

Sl. 27. TAMNI OBLAK U ORIONU

iz Oriona je četverostruka zvijezda. Zanimivo je, da je u njenoj neposrednoj blizini nađena i čuvena maglica u Orionu, koja se sastoji iz plinova, koji svijetle, a od nas je udaljena 600 godina svijetla. Površina, koju zauzima, više je nego 1000 puta veća od one, što ju zauzima čitav Sunčev sustav.

28. **Veliki Pas.** Iz tog zviježđa je zvijezda Alfa ili Sirius najsjajnija zvijezda našega neba: prividna veličina Siriusa jest —1,6. Zapravo je 30 puta sjajnija od Sunca, a kako je od nas udaljena samo 8,8 godina svijetla, to je

Sl. 28. HRPA MAGLICA U PEGAZU

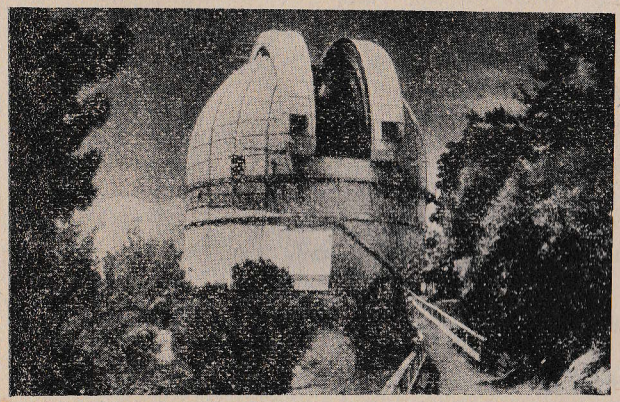
najbliža zvijezda, koja se prostim okom vidi iz naših krajeva. Putuje svemirom brzinom od 60.000 km na sat. Približava nam se brzinom od 500 km na minutu. Ima pratioca, koji je bijeli patuljak. U tom je zviježđu za malene dalekozore pristupačna lijepa hrpa zvijezda **M 41.**

29. **Mali Pas.** Iz tog zviježđa je zvijezda Alfa ili Prokion (Procyon) također jedna od nama najbližih zvijezda (udaljena je od nas 10 godina svijetla) i jedna od 20

zvijezda prvoga reda. I ona ima pratioca kao i Sirius, a približava nam se brzinom od 240 km na minutu. Po spektru su i Sirius i Prokion zvijezde u naponu snage.

30. **Orao.** Poslije Siriusa i Prokiona najsjajnija je zvijezda sjevernog neba zvijezda Alfa ili Altair iz Orla. Od nas je udaljena 14 godina svijetla, a po naravnim svojstvima je u svemu slična Siriusu i Prokionu. Približava nam se brzinom od 2000 km u minuti.

31. **Perzej.** Zvijezda Alfa iz tog zviježđa nalazi se u vrlo lijepom dijelu neba, jer iza te zvijezde sjaji Kumovska Slama, pa maleni dalekozori pružaju za oko veoma lijepe prizore. Jedan od najljepših prizora na nebu pružaju svakako dvostruka hrpa zvijezda Ha i Hi, koja također leži prividno u Kumovskoj Slami.



Slika 29. NAJVEĆA ZVJEZDARNICA NA SVIJETU
Na brdu Wilson u Americi

KOLIKO TRAJE DAN NA RAZNIM MJESTIMA ZEMLJE?

Zemljopisna širina	Mjesto	Najdulji dan
90	Sjeverni Pol	1/2 godine
85	Polarni krajevi	161 dan
80	Polarni krajevi	133 dana
75	Nova Zemlja, otok sjeverne Rusije	103 dana
70	Sjeverna Finska	65 dana
65	Island	22 s. 5 m.
60	Oslo, glavni grad Norveške	18 s. 39 m.
55	Sjeverna Irska i Danska	17 s. 3 m.
50	Mainz u Njemačkoj i Prag u Češkoj	16 s. 9 m.
45	Senj, Derventa i Mitrovica u Hrvatskoj	15 s. 25 m.
40	Peking u Kini Brindisi u Italiji	14 s. 51 m.
35	Otoci Kreta i Cipar	14 s. 21 m.
30	Kairo, glavni grad Egipta	13 s. 56 m.
25	Medina u Arabiji	13 s. 33 m.
20	Meksiko, glavni grad u Meksiku	13 s. 13 m.
15	Manila, glavni grad na Filipinima	12 s. 53 m.
10	Adis Abeba u Abesiniji	12 s. 35 m.
5	Greenville u Africi	12 s. 17 m.
0	Ekvator	12 s.

NAJPOZNATIJE REPATICE (KOMETI)

Ime	Najmanja udaljenost od Sunca	Najveća udaljenost od Sunca	Za koliko godina obiđe oko zemlje?
Encke	0,3	4,1	3,3
Grigg-Skjellerup	0,9	4,9	5,0
Tempel 2	1,3	4,7	5,2
Neujmin 2	1,3	4,8	5,4
Brorsen 1	0,6	5,6	5,5
Tempel 3	1,2	5,2	5,7
de Vico	1,4	5,1	5,9
Tempel 1	1,8	4,8	6,0
Pons-Wiennecke	1,0	5,6	6,0
Perrine 1	1,2	5,8	6,5
Kopff	1,7	5,3	6,6
Giacobini 2	1,0	6,0	6,6
Biela	0,9	6,2	6,6
d'Arrest	1,4	5,7	6,6
Finlay	1,1	6,2	6,9
Holmes	2,1	5,1	6,9
Borrelly	1,4	5,8	6,9
Brooks 2	1,9	5,4	6,9
Faye	1,6	5,9	7,3
Schaumasse	1,2	6,8	8,0
Wolf 1	2,4	5,8	8,3
Tuttle 1	1,0	10,3	13,5
Schwassmann	5,5	7,3	16,3
Neujmin 1	1,5	12,0	17,7
Pons-Forbes	0,7	18,0	28,7
Westphal	1,3	30,0	61,7
Brorsen 2	0,5	32,0	69,1
Pons-Brooks	0,8	33,7	71,6
Olbers	1,2	33,6	72,7
Halley	0,6	35,3	76,0

Udaljenosti su dane u nebeskim metrima, a vrieme obhoda u godinama.

DVADESET NAJSJAJNIJIH ZVIEZDA

I m e	Zviježđe	Prividna veličina	Spektar	Udaljenost od Sunca
Sirius	V. Pas.	—1,58	A	— 8 godina svijetla
Kanopus	Brod.	—0,86	F	193 «
Toliman	Kentaur	0,06	G	4 «
Vega	Lira	0,14	A	25 «
Kapela	Kočijaš	0,21	G	49 «
Arkturus	Volar	0,24	K	36 «
Rigel	Orion	0,34	B	514 «
Prokion	M. Pas.	0,48	F	10 «
Ahenar	Eridan	0,60	B	68 «
Beta	Kentaur	0,86	B	154 «
Atair	Orao	0,89	A	15 «
Beteigeuze	Orion	0,92	M	257 «
Alfa	Južni Križ	1,05	B	205 «
Aldebaran	Bik	1,06	K	54 «
Poluks	Blizanci	1,21	K	28 «
Spika	Djevica	1,21	B	181 «
Antares	Škorpion	1,22	M	154 «
Fomalhaut	Južna Riba	1,29	A	25 «
Deneb	Labud	1,33	A	616 «
Regulus	Lav	1,34	B	56 «

PODACI O MLIJEČNOJ CESTI I MAGLICAMA

I. O sustavu Mliječne Ceste

Promjer joj je 90.000 godina svijetla.
Rub najbliži Suncu 15.000 godina svijetla.
Rub najdalji od Sunca 75.000 godina svijetla.
Udaljenost Sunca od središta sustava 30.000 godina svijetla.

II. O spiralnim maglicama

Maglica	Udaljenost u godinama svijetla	Promjer u godinama svijetla
Andromeda M 31.	850.000	40.000
M 33 u Trokutu	810.000	14.000
N. G. C. 6822.	660.000	4.000
Viliki Oblak (Kap)	80.000	14.000
Mali Oblak (Kap)	90.000	6.000
Mliječna Cesta	30.000	90.000

III. O maglici M 31 u Andromedi

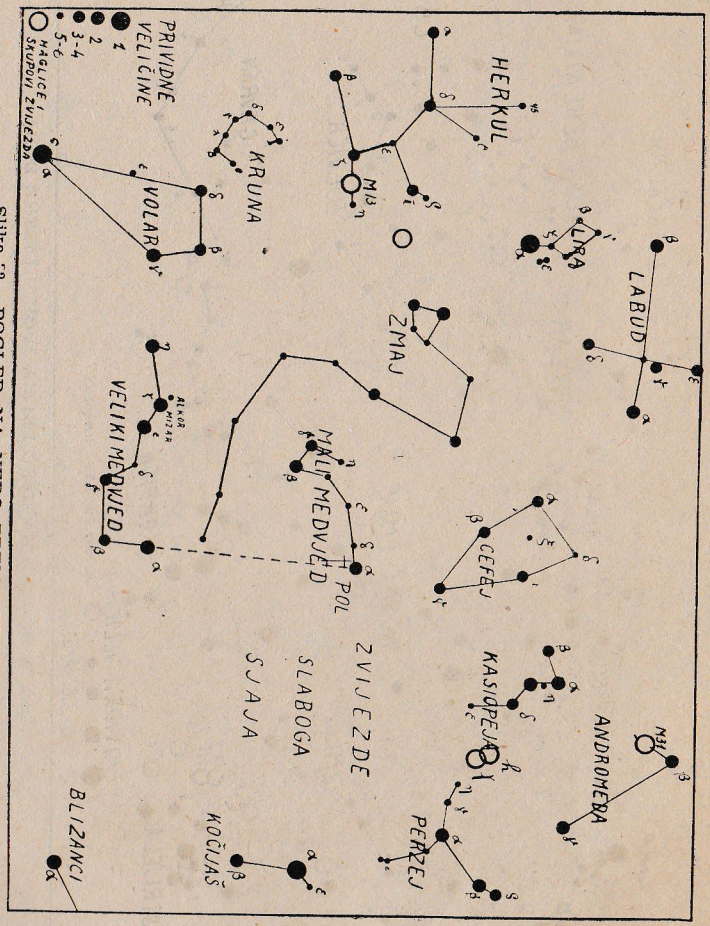
Od nas je udaljena 850.000 godina svijetla.
Promjer joj je 40.000 godina svijetla.
Masa je 3.500 milijuna puta veća od mase Sunca.
Sadrži mnogo miljarda zvijezda.
Jednom se okrene oko sebe u 19 milijuna godina.

PLANETOID CROATIA (HRVATSKA)

Ima jedan mali planet (planetoid), koji se zove Croatia (Hrvatska). Odkrio ga je g. 1906. njemački zvjezdoznanac dr. August Kopf. Kako je baš te godine osnovana zvjezdarnica na Popovu tornju u Zagrebu, okrstio je taj njemački zvjezdoznanac taj planetoid imenom Hrvatska (Croatia). Taj je planetoid 300 milijuna kilometara daleko od Zemlje. Njegova godina traje 5 godina i 197 dana, t. j. u to vrijeme obiđe jedamput oko Sunca. Staza mu je između Jupitra i Marsa među 1400 drugih dosad odkrivenih planetoida. Ima površinu 2.543 četvorna kilometra, promjer od 28 km i 425 m, a polutnik (ekvator) dug 89 km i 385 m. Ne vidi se prostim okom, jer je to zvijezda trinaestog reda, a prostim se okom vide samo zvijezde do šestog reda.

Slika 30. POGLED NA NEBO PREMA JUGU U ZIMSKO DOBA

Slika 31. POGLED NA NEBO PREMA JUGU U LJETNO DOBA



Slika 52. POGLED NA NEBO PREMA SJEVERU

NAJVAŽNIJI ZVJEZDOZNANCI (ASTRONOMI)

Hipparh, najveći grčki zvjezdoznanac i najveći zvjezdoznanac staroga vijeka uopće, osnivač je nauke o zvijezdama. Sastavio je prvi popis od 1028 zvijezda. Živio je od g. 190. do 125. prije Krista.

Klaudije Ptolomej, čuveni grčki zvjezdoznanac iz Egipta, napisao je slavno zvjezdoznansko djelo starog vijeka, koje je pod nazivom »Almagest« bilo i kroz cijeli srednji vijek najvažnija zvjezdoznanska knjiga. Živio je u drugom stoljeću prije Krista.

Tiho Brahe, najveći danski zvjezdoznanac, živio je od g. 1546. do 1601. Njegovo proučavanje planetâ, osobito Marsa, postalo je temelj nauke o planetama.

Nikola Kopernik stvorio je nauku, da se Mjesec okreće oko Zemlje, a Zemlja oko Sunca. Svoju prvu knjigu o tom posvetio je papi Pavlu III. Rodio se 19. veljače 1473., a umro 24. svibnja 1543.

Ivan Kepler je najveći njemački zvjezdoznanac. Proučio gibanje planeta. Živio je od g. 1571. do 1630.

Galileo Galilei, najveći talijanski zvjezdoznanac, živio je od g. 1564. do 1642. On je odlučno ustvrdio, da se Zemlja okreće oko Sunca. Izumio je prvi dalekozor.

Izak Newton (čitaj: Njutn) je najveći engleski zvjezdoznanac. Živio je od g. 1643. do 1727. Računski je dokazao Kopernikove i Keplerove tvrdnje. Osnivač je nebeske mehanike.

Vilim Herschel, koji je živio od g. 1738. do 1822., odkrio je Uran, dva Saturnova mjeseca itd.

Edmund Halley (čitaj: Heli), engleski zvjezdoznanac, odkrio je, u kojem se razmaku vremena pojavljuje repatica, koja se po njemu zove Helijeva repatica. Živio je od g. 1656. do 1742.

Marin Getaldić, Dubrovčanin, živio je od g. 1566. do 1626. Preteča je slavnog matematika Deskartes-a (Dekarta). Kažu, da je sastavio prvi reflektor (vrst zvjezdoznanskog dalekozora).

Ruđer Bošković, najveći hrvatski zvjezdoznanac, živio je od g. 1711. do 1787., zaslužan je za mnoge tekovine nauke o zvijezdama. (Boškovićeva je slika na naslovnom listu ove knjige.)

ZNAČENJE NEKIH MEĐUNARODNIH IZRAZA

Afel je ono mjesto na putanji planeta, gdje je planet najdalje od Sunca.

Apeks je ona točka neba, prema kojoj se giblje Sunce. Možemo govoriti i o apeksu drugih nebeskih tijela.

Apsolutna veličina zvijezde je njena prividna veličina u udaljenosti od 1 parseka.

Asteroidi ili planetoidi su maleni planeti, kojima se putanje nalaze između putanja Marsa i Jupitra.

Atmosfera je smjesa plinova, koja obavija Zemlju. Općenito možemo govoriti o atmosferama drugih nebeskih tijela, ali te se razlikuju od Zemljine.

Bolid je velik meteorit.

Cefeide su vrst kratkoperiodnih promjenljivih zvijezda. Upotrebljavaju ih za određivanje velikih daljina u svemiru.

Cirkumpolarne zvijezde su one, koje nikada ne zalaze, a nalaze se oko nebeskog kola, pa se zato i zovu »cirkumpolarne«.

Difuzne maglice su plinovite maglice, koje se nalaze unutar sustava Kumovske Slame.

Elipsa je krivulja, nalik na spljoštenu kružnicu.

Fotosfera je vidljiv dio Sunca. Zapravo znači: »kugla, koja svijetli«.

Giganti ili divovi su zvijezde neobično velikog obujma.

Granulacija je pojava u Sunčevoj fotosferi.

Gravitacija je sila, kojom dvije mase djeluju jedna na drugu, te jedna drugu privlači.

Horizont ili obzor je crta, gdje se nebo prividno sastaje sa Zemljom.

Kromosfera je onaj dio Sunčeve površine, gdje nastaju protuberance.

Komet ili repatica je nebesko tijelo malene mase, koje se giblje oko Sunca.

Korona je nastavak Sunčeve atmosfere.

Krater je naziv za značajna kružna brda na Mjesecu. Na Zemlji znači zjalo vulkana.

Kulminacija je poseban položaj neke zvijezde nad obzorjem. Kulminacija je gornja, ako je zvijezda u dotičnom trenutku postigla svoj najviši, a donja, ako je postigla svoj najniži položaj prema obzorju.

Meridijan nekog mjesta je onaj najveći krug na Zemlji, koji prolazi sjevernim i južnim polom Zemlje i tim mjestom.

Meteor je pojava, koja nastaje, kad svemirsko kamenje zađe u Zemljinu atmosferu.

Meteorit je svemirski kamen.

Parabola je jedna od mogućih krivulja, po kojima se gibljju nebeska tijela.

Paralaksa neke zvijezde je kut, pod kojim bi se sa te zvijezde vidio promjer Zemljine putanje.

Parsek je ona udaljenost, iz koje bi se promjer Zemljine putanje vidio pod kutem od 1" (jedne sekunde).

Perihel je ono mjesto putanje planeta, na kom je planet najbliže Suncu.

Planet ili lutalica je nebesko tijelo, koje putuje oko Sunca kao i Zemlja (pod tim se misli samo 9 najvećih takvih tijela).

Planetarne maglice su one, koje su u dalekozoru slične planetima.

Planetoidi je drugi naziv za asteroide.

Protuberance su mase užarenih plinova, koji prodiru iz Sunca.

Radiant je ono mjesto na nebeskom svodu, iz kojeg prividno izlaze meteoriti nekog roja.

Satelit je nebesko tijelo, koje se kreće oko planeta.

Spektar je prekinut ili neprekidan niz boja, koji dobijemo, kad svijetlo neke užarene tvari rastavimo pomoću staklene prizme.

Spektroskop je sprava, pomoću koje dobivamo spektar.

Spektroskopske dvojne zvijezde su one, koje dalekozorom ne možemo rastavit, ali spektroskop odaje, da su zaista dvostruke.

Temperatura je stepen topline nekog tijela.

Trabant je isto, što i satelit, to jest pratilac.

Vizuelne dvojne zvijezde su one, koje se dadu rastaviti dalekozorom.

Zenit je točka neba, koja nam je upravo nad glavom.

Zodiak ili **Životinjski Pojas** je onaj pojas na nebeskom svodu, u kojem se prividno kreću Sunce, Mjesec i planeti.

GRČKI ALFABET (ABECEDA)

Budući da su mnoge zvijezde nazvane imenima po grčkom alfabetu (abecedi), pa se kratko i pišu grčkim slovima, evo donosimo ovdje cijeli grčki alfabet. Svako slovo ima svoje ime, koje je zapisano kraj slova:

α = alfa	ι = jota	ϱ = ro
β = beta	$\varkappa$ = kapa	σ = sigma
γ = gama	λ = lambda	τ = tau
δ = delta	μ = mi	υ = ipsilon
ε = epsilon	ν = ni	φ = fi
ζ = zeta	ξ = ksi	χ = hi
η = eta	o = omikron	ψ = psi
ϑ = theta	π = pi	ω = omega

SADRŽAJ

Str.

POSTANAK NAUKE O ZVIJEZDAMA 3
Sprave za proučavanje neba 4
Slika 1. Nacrt dalekozora s lećom (refraktor) . . 5
Slika 2. Stari dalekozor zvjezdoznanca Galileja . . 6
Slika 3. Veliki dalekozor zvjezdarnice na brdu Wilsonu 7
Slika 4. Izpitivanje raznih tvari spektroskopom . . 9

NAŠA ZEMLJA
KAKVA JE ZEMLJA 11
Kretanje Zemlje 12
Slika 5. Slika, koja dokazuje okretanje Zemlje . . 13
Slika 6. Glavni krugovi nebeskog svoda 15
Slika 7. Putanja Zemlje 19
Zemljina teža 19

BLISKI SVEMIR
SUNCE 21
Slika 8. Sunce (svjetlopisna snimka) 22
Slika 9. Razvoj jedne Sunčeve protuberance . . . 23
Slika 10. Nacrt Sunčeve površine 24

MJESEC 25
Slika 11. Dio putanje Mjeseca 26
Slika 12. Dio površine Mjeseca 27
Slika 13. Mjesečeve mijene 28
Slika 14. Kako nastaje pomrčina 30
Slika 15. Plima i osjeka 31
Sunčev sustav 33

PLANETI 33
Merkur 34
Venera 35
Slika 16. 35
Mars 36
Slika 17. 37
Planetoidi (Asteroidi) 39
Jupiter 41
Saturn 44
Slika 18. 45
Uran 46
Neptun 46
Pluto 47

KOMETI (REPATICE) 48
Slika 19. 49

KRIJESNICE (METEORI) 52
KRATAK PREGLED SUNČEVA SUSTAVA 53

DALEKI SVEMIR
ZVIJEZDE 56
Slika 19a. Kako se mjeri udaljenost zvijezde . . . 57
Naravne osobine zvijezda 60
Zvijezde se giblju 62
Dvojne zvijezde 63
Promjenljive zvijezde 64
Nove zvijezde 66
Skupovi zvijezda 66
Maglice 67
Slika 20. Planetarna maglica 67
Kumovska slama 68

NAŠA ZVIJEŽĐA 69
I. Cirkumpolarna zviježđa 70
II. Zvijezde životinjskog pojasa 71
Slika 21. Trodjelna maglica u strijelcu 74
III. Ostala zanimiva zviježđa 75
Slika 22. Velika spiralna maglica u Andromedi . . 76
Slika 23. Dio velike maglice u Andromedi 77
Slika 24. Maglica N. G. C. 891 u Andromedi . . . 78
Slika 25. Hrpa zvijezdâ u Herkulu 79
Slika 26. Prstenasta maglica u Liri 80
Slika 27. Tamni oblak u Orionu 81
Slika 28. Hrpa maglicâ u Pegazu 82
Slika 29. Najveća zvjezdarnica na svijetu 83

PREGLEDI
Koliko traje dan na raznim mjestima Zemlje? 84
Najpoznatije repatice (kometi) 85
Dvadeset najsjajnijih zvijezda 86
Podaci o Mliječnoj cesti i Maglicama 87
Planetoid Croatia (Hrvatska) 87
Slika 30. Pogled na nebo prema jugu u zimsko doba 88
Slika 31. Pogled na nebo prema jugu u ljetno doba 89
Slika 32. Pogled na nebo prema sjeveru 90
Najvažniji zvjezdoznanci 91
Značenje nekih međunarodnih izraza 92
Grčki alfabet (abeceda) 94

Naslovnu sliku nacrtao: **Jakov Hnizdovski**